

VŠB -Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

VŠB -Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

Návrh a realizace laboratorního stanoviště s  
měničem kmitočtu SEW-Eurodrive

Design and Realization of Laboratory Station with  
SEW- Eurodrive Frequency Converter

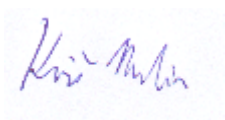
## **Čestné prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne

4. 5. 2012



Podpis

-----

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytovali odbornou pomoc, při návrhu a realizaci laboratorního stanoviště. Především panu Ing. Václavu Sládečkovi Ph.D.

## Abstrakt a klíčová slova

### Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a realizací laboratorního stanoviště s měničem kmitočtu SEW – Eurodrive. V jednotlivých částech práce jsou vysvětleny všechny dostupné informace a termíny, které jsou nezbytné pro pochopení problematiky zařízení MDX61.

V rešerši jsou vysvětleny možnosti uplatnění u jednoúčelových strojů. Pro demonstraci tohoto zařízení v praxi jsem vytvořil přípravek k ručnímu ovládání. Pro studijní účely byl vypracován manuál popisující připojení a nastavení zařízení. V technice elektrických regulovaných pohonů bude učební pomůckou pro výuku studentů. Bude sloužit k pochopení a názorné demonstraci funkce zařízení.

### Abstract

This thesis occupy with design and implementation of laboratory post with frequency converter SEW - Eurodrive. In some parts this thesis are explained all the available informations and terms that are necessary for the understanding of device MDX61.

The literature are explained of possibility in the application to single-purpose machines. To demonstrate this device in practice, I created a product for manual control. For study I was prepared by manual describing the connection and setting of device. This manual will be teaching aid for study in technology of electrical controlled drives. It will serve as understanding and demonstration of function this device.

### Klíčová slova

měníč kmitočtu, programovatelný automat, pohon, asynchronní motor, schéma, MOVIDRIVE, MOVITOOLS, rozhraní, MDX, IPOS, SEW-EURODRIVE

### Keywords

frequency converter, programmable logic controler, drive, induction motor, connection diagram, MOVIDRIVE, MOVITOOLS, interface, MDX, IPOS, SEW-EURODRIVE

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Koiš**  
Studijní program: N2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 2612T015 Elektronika  
Téma: **Návrh a realizace laboratorního stanoviště s měničem kmitočtu SEW-Eurodrive**  
**Design and Realization of Laboratory Station with SEW-Eurodrive Frequency Converter**

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rešerši možných uplatnění měničů kmitočtu firmy SEW - Eurodrive v technice elektrických pohonů.
2. Specifikujte požadavky na možnosti ovládání měniče MDX 61.
3. Na uvedeném měniči proveďte praktické měření dle zadání vedoucího diplomové práce a k těmto měřením vypracujte technickou dokumentaci.

Seznam doporučené odborné literatury:

Firemní literatura SEW - Eurodrive.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Sládeček, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## Seznam použitých symbolů a zkratek

AM	asynchronní motor
AI	analogový vstup
DI	digitální vstup
DO	digitální výstup
MDX	měníč kmitočtu
MOVIDRIVE®	Typ měniče vyráběný firmou SEW-EURODRIVE
MOVITRACE®	Typ měniče vyráběný firmou SEW-EURODRIVE
MOVITOOLS®	Software pro nastavení a diagnostiku dodávaný firmou SEW-EURODRIVE
PLC	programovatelná logická jednotka
PWM	pulzní šířková modulace
Pxxx	parametr (xxx je číslo parametrů)
RS485	Sériová komunikační linka
SSI	Sériové rozhraní snímače

## **OBSAH:**

<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2. NÁVRH LABORATORNÍHO STANOVISTĚ .....</b>	<b>9</b>
2.1 Připojený Motor .....	10
2.2 Inkrementální snímač .....	11
2.3 Převodník .....	12
2.4 Měnič Kmitočtu .....	13
2.4.1 Technické údaje použitého měniče kmitočtu.....	14
2.4.2 Obecný popis funkce zařízení .....	15
2.4.3 Použité Způsoby řízení.....	16
2.4.4 Možnosti brzdění .....	17
<b>3.REŠERŠE MOŽNÝCH UPLATNĚNÍ MĚNIČŮ KMITOČTU FIRMY SEW – EURODRIVE.....</b>	<b>18</b>
3.1 POLOHOVÁNÍ.....	20
3.1.1 Absolutní snímače polohy.....	20
3.1.2 Relativní snímač polohy .....	22
3.2 Program IPOS .....	23
3.3 Aplikace - jednoúčelové stroje.....	26
3.3.1 Polohování po sběrnici.....	26
3.3.2 Letmá pila .....	27
3.3.3 Jeřábové aplikace .....	28
3.3.4 Elektronická vačka .....	29
3.3.5 Otočný stůl - polohování Modulo .....	30
3.3.6 Skladové systémy.....	31
3.3.7 Tahový navíječ.....	32
<b>4. MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ MĚNIČE MDX61 .....</b>	<b>33</b>
4.1 Manuální ovládání pomocí obslužného panelu dbg60b .....	34
4.2 Manuální nebo automatické ovládání prostřednictvím externích ovládacích prvků s výstupem na řídící svorkovnici měniče.....	35
4.3 Manuální ovládání pomocí MOVITOOLS .....	37
4.4 Dálkové řízení z PLC nebo jiného řídicího systému .....	38
<b>5. PRAKTICKÉ MĚŘENÍ.....</b>	<b>39</b>
5.1 Uvedení do provozu .....	39
5.2 Parametrizace V programu shell .....	42
5.3 Zobrazení výsledků měření, pomocí programu scope.....	43
5. 4 Měření .....	45
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>49</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>50</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>51</b>

# 1. ÚVOD

Měníče kmitočtů jsou v technice elektrických pohonů v praxi čím dál častěji používány. Jsou součástí každého automatizovaného výrobního procesu a vyskytují se ve všech odvětvích průmyslu.

Měníče frekvence se ve většině aplikací používají pro regulaci rychlosti asynchronního motoru. Měníčem MDX61 od firmy SEW-EURODRIVE je ale možné řešit i polohování asynchronního motoru. Frekvenční měnič je elektrické zařízení, které slouží k regulaci polohy a otáček asynchronního motoru, jeho spouštění a změnu otáčení hřídele.

Text práce je rozdělen do čtyř skupin a je vypracován v souladu se zadáním diplomové práce.

V první části je uveden návrh a realizace laboratorní stanoviště včetně přehledu použitých součástí.

V druhé části je uvedena rešerše o možnostech uplatnění měničů kmitočtů firmy SEW-EURODRIVE a je zde vysvětlen program IPOS a jeho uplatnění v jednoúčelových strojích.

Ve třetí části jsou dány možnosti ovládání měniče MDX61B.

V poslední části jsou vypracována praktická měření na otáčkovém regulátoru, uvedení do provozu a měření na laboratorním stanovišti.

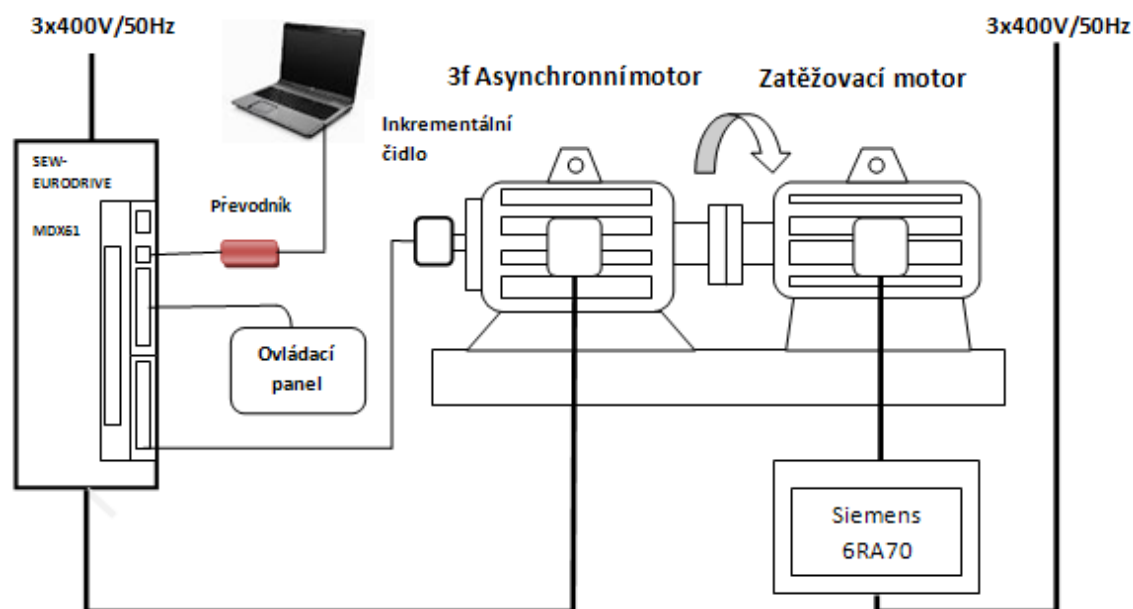
V příloze je uvedeno měření na otáčkovém regulátoru se zátěží.



## 2. NÁVRH LABORATORNÍHO STANOVISTĚ

Laboratorní stanoviště s měničem kmitočtu od výrobce SEW–EURODRIVE bylo navrženo a realizováno v učebně E106 (VŠB-TU Ostrava). Pro názornější představu jsem vytvořil přehledný blokový diagram celého pracoviště. V níže uvedeném textu rozvedu jednotlivé součásti s technickými parametry. Měnič kmitočtu je napájen z laboratorní zásuvky 3x400V/50Hz s jističením proti zkratu a přetížení. Zátěž je tvořena stejnosměrným motorem napájeným s řízeného usměrňovače.

Laboratorní stanoviště simuluje reálné využití tohoto zařízení v praxi, od využití v průmyslu se nijak neliší.



**Obrázek 1.** Blokové zapojení laboratorního stanoviště

### Použité součásti

- měnič kmitočtu - MDX61B 0040 5A3 4 00
- 3f Asynchronní motor-MEZ MOHELNICE TYP AP112M-4
- inkrementální čidlo: Siemens Incremental Encoder 6FX2001 – 2G04
- zatěžovací motor: Stejnoseměrný motor SD 132L
- řízený usměrňovač: 6RA70 Siemens
- převodník: SEW USB11A. pro spojení s osobním počítačem
- ovládací panel viz. kapitola Ovládání měniče

## 2.1 PŘIPOJENÝ MOTOR

Pro laboratorní stanoviště je použit trojfázový asynchronní motor s kotvou nakrátko (obrázek 2.) Regulaci otáček provádíme optimální metodou za využití zpětnovazebního čidla otáček. Napájení z měniče kmitočtu umožňuje současně řídit frekvenci a napětí nebo proud. Toto napájení spolu s použitým motorem umožňuje plynulý rozběh, doběh, reverzaci chodu a nastavitelnou rychlost. Motory u kterých není potřeba regulaci otáček a reverzaci chodu, tento napájecí prvek nemají. Jsou napájeny přímo ze sítě, a jsou spouštěny pomocí stykačů tzv. napřímo.

**Výhody uvedeného motoru jsou:**

- robustní konstrukce, přetížitelnost, jednoduchost
- nenáročná údržba, provozní spolehlivost
- pořizovací cena

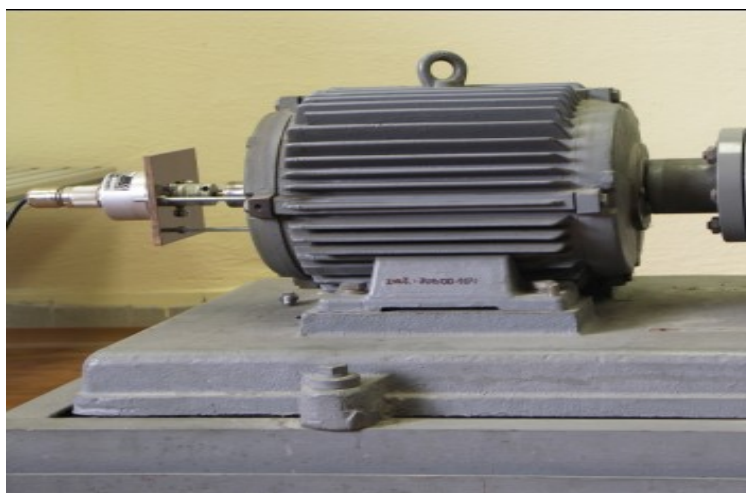
**Nevýhody:**

- obtížná regulace otáček, spouštění
- proudový odběr při spouštění

Uvedené nevýhody vyřešil příchod výkonové elektroniky řízené mikroprocesorem, tedy frekvenční měničem. Odstranění nevýhod vedlo k využívání v aplikacích, které požadují přesnou regulaci otáček nebo polohy.

**Motor MEZ MOHELNICE**

**3f TYP AP112M-4 KW S1 50HZ 1440ot/min 8,7/15A**



**Obrázek 2.** *Fotografie motoru*

## 2.2 INKREMENTÁLNÍ SNÍMAČ

Je připojen na hřídeli rotoru, v laboratorním stanovišti slouží jako zpětnovazební snímač otáček. Pomocí tohoto snímače lze také řešit regulaci polohy, která je vyjádřena relativně. Signál je přiveden do vstupní karty měniče DEH11B kde je dále zpracováván.

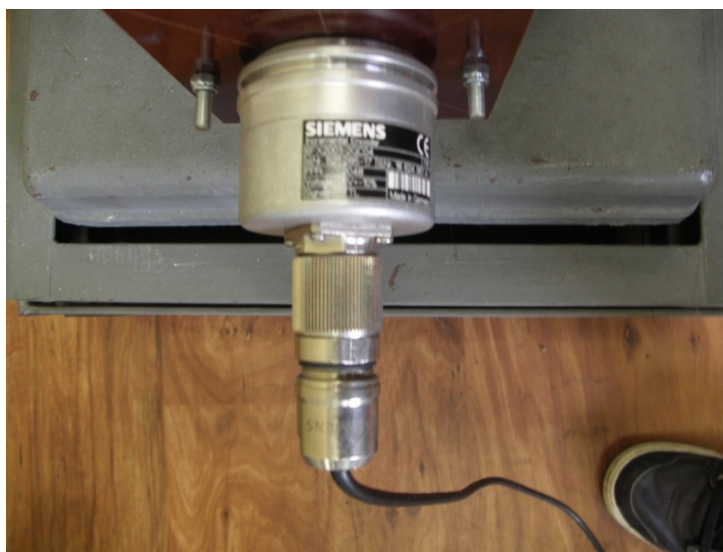
Použitý snímač: Siemens Incremental Encoder 6FX2001-2G04 (obrázek 3.)

Technické parametry:

Napájení 5V  $\pm$ 10%

Rozlišení snímače: 2048 impulzů/ otáčku motoru

Výstupní napětí je definováno úrovní signálu: TTL



**Obrázek 3.** Fotografie inkrementální snímače

## 2.3 PŘEVODNÍK

Připojení k osobnímu počítači je realizováno pomocí převodníku rozhraní SEW USB11A. Komunikační rozhraní měniče RS485 konvertuje na rozhraní USB 2.0, kterým je vybaven osobní počítač.



**Obrázek 4.** *Fotografie převodníku*

Převodník (obrázek 4.) slouží pro komunikaci mezi osobním počítačem a měničem MDX. Pro správné nastavení komunikace s měničem je nutné nainstalovat ovládače pro USB11A.

## 2.4 MĚNIČ KMITOČTU

Ovládání a řízení frekvenčním měničem se používá všude tam, kde je třeba dosáhnout jiných otáček elektromotoru, než jaké jsou dostupné ve standardních řadách, nebo tam, kde je třeba měnit rychlost otáčení, případně přímo řídit výstupní moment. Často se též používají pro řízený rozběh a doběh elektromotorů v aplikacích s těžkým rozběhem, pro lehké rozběhy je možno použít levnější komponenty typu **softstartér**. Při rozběhu pohonu měničem se dosahuje výrazného snížení proudových a momentových rázů. Svoje využití nalezne též v řešeních zaměřených na úsporu energie.

Frekvenční měniče jsou určeny k řízení třífázových motorů. Takto řízený střídavý motor se svými dynamickými vlastnostmi přibližují stejnosměrným motorům a servomotorům.

Hlavní charakteristika frekvenčních měničů:

### Výhody:

- ochrana proti vypnutí- zajištění stabilního chodu při krátkodobém výpadku napájení, změnách zátěže nebo napájení.
- Diagnostika, komunikace, možnost zobrazení průběhu
- nízká hlučnost motoru i při nízké modulační frekvenci
- funkce brzdění přesycením motoru, bez nutnosti použití brzděného odporu
- jištění, vypnutí při nadproudu až 150%  $I_n$

### Nevýhody:

- složitější nastavování

## 2.4.1 TECHNICKÉ ÚDAJE POUŽITÉHO MĚNIČE KMITOČTU

Typové označení: MDX61B 0040 5A3 4 00

Konstrukční řada MDX61B s možností dvou doplňků

Doporučený výkon motoru 4.0 KW

Napájecí napětí AC 380V až 500V

3. fázový způsob připojení

Odrušení na straně sítě- stupeň odrušení C2

4Q Kvadrantový provoz (s brzdovým přerušovačem)

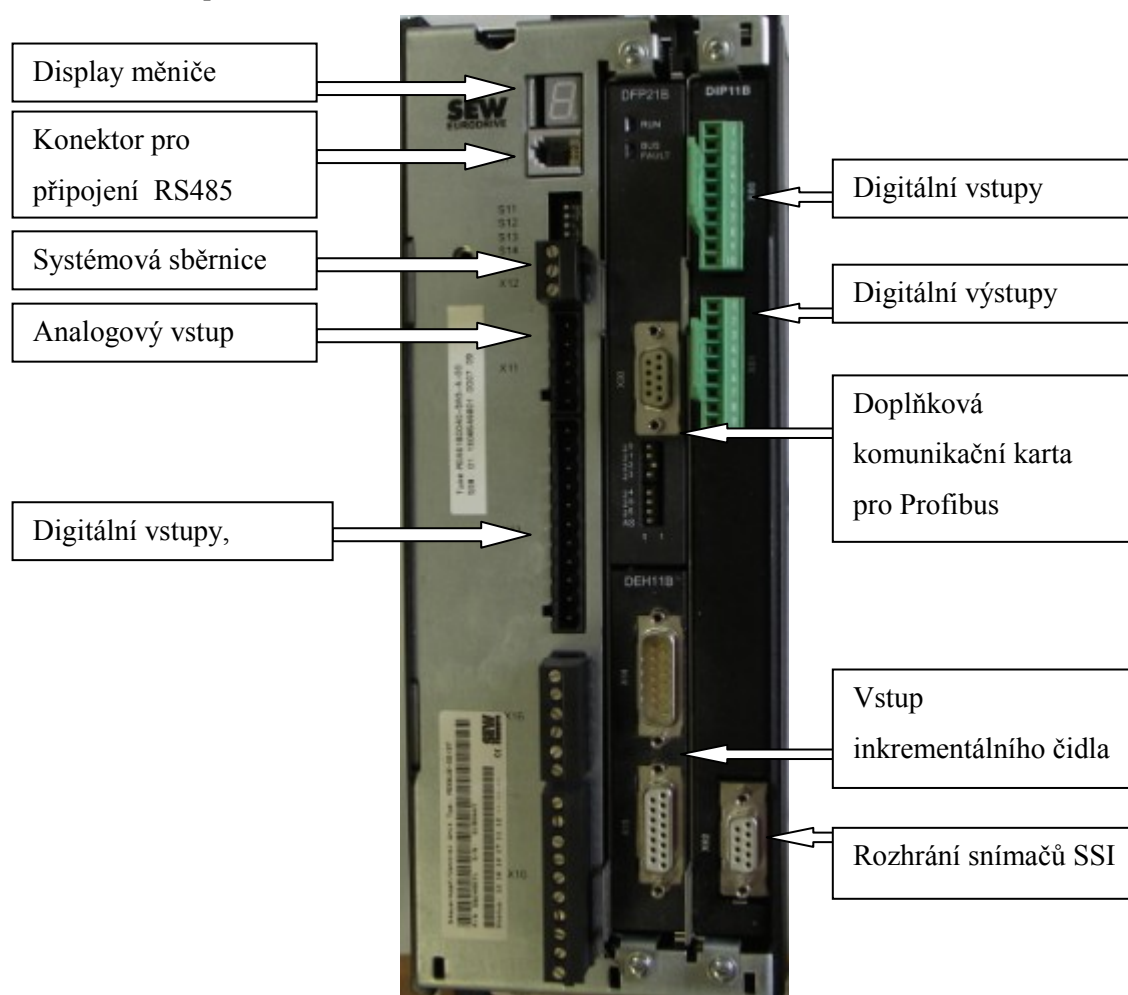
Standardní provedení

Frekvenční měnič MDX61B 0040 5A3 4 00 je osazen rozšiřujícími kartami

DFP21B – Rozhraní průmyslové sběrnice PROFIBUS

DIP11B – Rozhraní snímačů SSI

DEH11B – Vstup inkrementálního snímače/ HIPERFACE

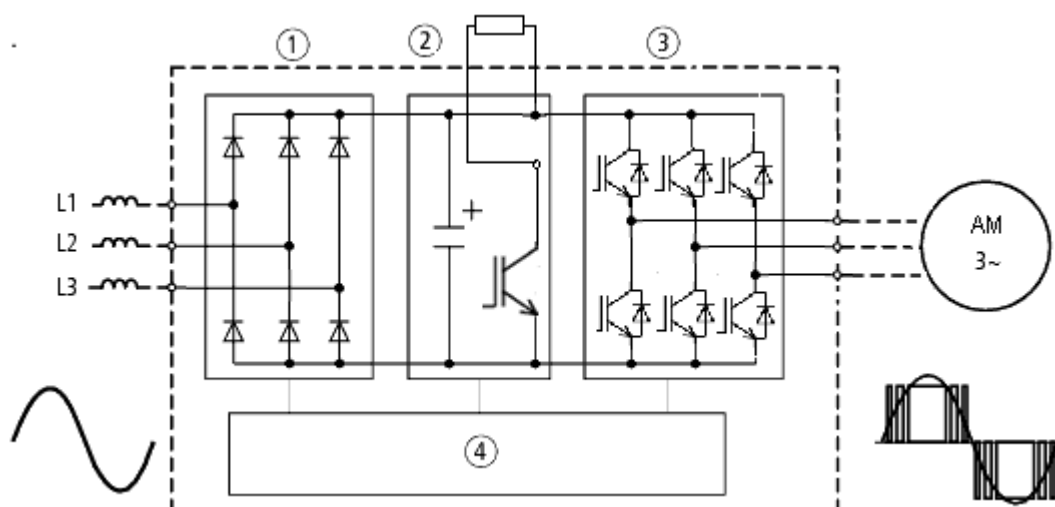


Obrázek 5. Fotografie měniče

## 2.4.2 OBECNÝ POPIS FUNKCE ZAŘÍZENÍ

### Princip

Na vstupu je měnič napájen třífázovým střídavým napětím (jednofázovým nebo třífázovým), ve vnitřních obvodech je napětí usměrněno a na výstupu měniče střídačem převedeno na třífázové střídavé napětí o požadované frekvenci. Frekvenční měniče umožňují variabilní plynulou regulaci rychlosti trojfázových motorů.



Obrázek 6. Vnitřní struktura zapojení

- |                                                                                      |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. Neřízený usměrňovač                                                               | 3. Střídač s IGBT  |
| 2. Meziobvod stejnosměrného napětí, s brzdovým odporem a tranzistorovým přerušovačem | 4. Řízení/regulace |

Frekvenční měnič mění konstantní napětí napájecí sítě na stejnosměrné napětí. Z tohoto stejnosměrného napětí vytváří pro trojfázový motor novou trojfázovou síť s proměnlivým napětím a proměnlivou frekvencí. Při tom frekvenční měnič odebírá z napájecí sítě prakticky pouze činný výkon ( $\cos \varphi \sim 1$ ). Jalový výkon potřebný pro provoz motoru dodává meziobvod stejnosměrného napětí. Díky tomu je možné upustit od kompenzačních přístrojů  $\cos \varphi$  na straně síťového napájení.

### 2.4.3 POUŽITÉ ZPŮSOBY ŘÍZENÍ

#### Skalární řízení

Nejjednodušší metoda řízení, vhodná pro dynamicky nenáročné aplikace s konstantní zátěží. Používá se též v případě paralelního řízení více motorů jedním měničem. Změna napětí a frekvence probíhá v tomto případě lineárně.

Nejpoužívanější řízení, někdy se mu říká řízení typu U/f, výhoda tohoto řízení spočívá v možnosti řízení v otevřené smyčce tzn. bez zpětné vazby, uvádí se, že přes 90% regulovaných asynchronních motorů v průmyslu je řízeno skalárním řízením bez zpětné vazby. Nevýhodou tohoto řízení je, že nedosahuje tak dobrých výsledků v řízení statické přesnosti regulace a dynamiky pohonu jako další metody řízení, zavedením zpětné vazby a použitím PI regulátoru se statická přesnost výrazně zlepší, ale dynamické vlastnosti pohonu nejsou stále tak dobré jako u jiných typů řízení. Skalární řízení spočívá v regulaci konstantního magnetického toku v motoru, což se provádí udržováním konstantního poměru vstupního napětí a frekvence. Při nízkých kmitočtech nelze udržet konstantní magnetický tok motoru, a proto se moment v této oblasti snižuje, ve vysokých kmitočtech nelze vlivem příliš vysokého napětí pokračovat v jeho zvyšování, to má za následek opět pokles momentu.[9]

#### Vektorové řízení

U vektorového řízení je potřeba řídit nejen velikost vektoru magnetického toku, ale i polohu natočení, vektorové řízení se dělí podle toho, jak se získávají informace o poloze vektoru magnetického toku, na přímé a nepřímé. [9]

**Přímé** - vektor magnetického toku je získáván ze statorových napětí a proudů, pokud máme k dispozici matematický model pro výpočet skluzu, není potřebné žádné dodatečné snímání otáček nebo polohy rotoru.

**Nepřímé** - vektor magnetického toku je vypočten z matematického modelu výpočtu skluzu a polohy rotoru, což přináší nutnost měření polohy rotoru. Snímač polohy rotoru lze využít také pro řízení otáček a polohy, pro řízení otáček se používá jako při skalárním řízení PI regulátor, pro řízení polohy se používá pouze P regulátor.

#### Vektorové řízení bez zpětné otáčkové vazby

Pro dynamicky náročnější aplikace, bez zpětné otáčkové vazby z rotačního čidla na elektromotoru. Výhodou je vysoký moment od velmi nízkých otáček a vyrovnávání otáček při změně zátěže a lepší dynamika.

#### Vektorové řízení se zpětnou otáčkovou vazbou

Slouží pro dynamicky náročnější aplikace, se zpětnou otáčkovou vazbou z rotačního čidla na elektromotoru. Výhodou je jmenovitý moment i při nulových otáčkách, nezávislost otáček na zátěži a lepší dynamika. Jedná se o optimální metodu řízení asynchronního motoru.



#### 2.4.4 MOŽNOSTI BRZDĚNÍ

Brzdění motoru používáme nejčastěji ve dvou případech a to pokud aplikace vyžaduje rychlé zastavení motoru s hnaným zařízením anebo pokud je potřeba, aby motor danou aplikaci brzdil. Brzdění asynchronního motoru se provádí třemi způsoby: brzdění protiproudem, stejnosměrným napětím a generátorickým brzděním. [7],[8]

**Brzdění protiproudem** – změněním smyslu otáčení magnetického pole statoru se vytváří brzdný moment, působící proti směru otáčení rotoru. Po dosažení nulových otáček je nutno motor odpojit, aby se nezačal otáčet opačným směrem. Veškerá kinetická energie se mění na teplo, tento způsob je tedy značně nehospodárný. Nevyužívá se.

##### **Brzdění dynamické**

Dynamické brzdění se provádí připojením stejnosměrného napětí na svorky motoru, stejnosměrné napětí vytvoří stojící magnetické pole, které vyvolá moment motoru, který působí proti směru otáčení motoru.

Lze tak vytvořit moment motoru i při nulových otáčkách, frekvenční měnič tento způsob využívá k aretaci polohy rotoru, u aplikací kde je nutno pevně držet nastavenou polohu.

##### **Generátorické brzdění**

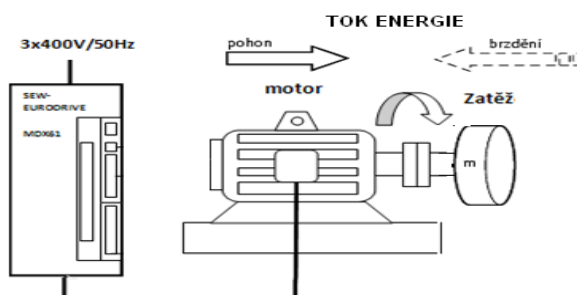
Generátorické brzdění nastává, pokud je motor roztočen nad své synchronní otáčky. Z motoru se tak stane generátor, který je schopen dodávat energii do sítě.

Pokud je možné vracet vyrobenou energii zpátky do sítě, jedná se o nejhospodárnější způsob brzdění asynchronního motoru (tzv. Rekuperace).

##### **Brzdění motoru pomocí frekvenčního měniče**

Frekvenční měnič brzdí postupným snižováním frekvence, motor se začne chovat jako generátor a přebytečná energie se ukládá v meziobvodu. Při dynamickém zpomalování motoru dochází k přetěžování meziobvodu. Tento problém se řeší připojením rezistoru, na kterém se nadbytečný výkon přemění v teplo. Pokud bychom chtěli energii rekuperovat, instalujeme doplňkové vybavení Rekuperační modul MDR60. Modul dodává výkon zpět do napájecí sítě.

Takto řešená aplikace vede k úsporám energie a snižuje ztráty. Ale u motoru malých výkonů se nepoužívá.



Obrázek 7. Blokové schéma

### 3.REŠERŠE MOŽNÝCH UPLATNĚNÍ MĚNIČŮ KMITOČTU FIRMY SEW – EURODRIVE

Tato firma nabízí kompletní řešení v oblasti střídavých elektrických regulovaných pohonů. Výrobce SEW- Eurodrive vyrobil měniče kmitočtu na modulárním principu. Měniče kmitočtu vyrábí ve dvou typech provedení a to pod označením:

**MOVITRAC®** Měnič je navržen a vyvinut pro regulaci otáček asynchronních motorů. Využití je u jednoduchých aplikací, jako jsou přeprava, dmychadla, čerpadla. Podle možnosti napájení jsou k dispozici tři výkonové řady.

Technické údaje

Sít'ová přípojka	Výkonový rozsah [kW]
230 V jednofázová	0,25 ... 2,2 kW
230 V třífázová	0,25 ... 30 kW
400/500 V třífázová	0,25 ... 75 kW

**MOVIDRIVE®** Měnič je navržen a vyvinut pro dynamické pohony s možností připojení snímače polohy. S měniči MOVIDRIVE je možné i u asynchronních třífázových motorů dosáhnout dobrých vlastností z hlediska dynamiky a kvality regulace, které byly dosud dosažitelné pouze u stejnosměrných motorů, nebo u speciálních servomotorů.

Díky integrovanému řízení a možnostem rozšíření o technologické a komunikační doplňky je možné vytvořit systémy pohonů, které jsou s ohledem na rozmanitost aplikací, konfiguraci, uvedení do provozu a provoz maximálně hospodárné.

Frekvenční měniče **MOVIDRIVE® MDX60/61B** se vyrábí v několika konstrukčních variantách, modulární stavbou a v různých technologických provedeních. Také je možno zařízení vybavit doplňky například pro bezpečnostní prvky a komunikaci. Samozřejmostí je nabídka kompletního příslušenství pro bezproblémové zařazení do náročnějších aplikací a centrálnímu řízení. Podle možnosti napájení jsou k dispozici dvě výkonové řady.

Technické údaje

Sít'ová přípojka	Výkonový rozsah
200/240 V / třífázová	1,5 ... 37
400/500 V / třífázová	0,55 ... 315

Novou generaci modulárních měničů kmitočtu MDX61B lze použít pro jakékoli aplikace. Spektrum aplikací, u nichž se využívají měniče kmitočtů s regulací polohy, neustále roste. Tím se zvyšuje i počet specializovaných měničů kmitočtu vyvinutých pro jednotlivé aplikace.

Požadavky se pro jednotlivé aplikace velmi liší a výrobci měničů kmitočtu se specializují na produkty specificky vyvinuté pro jednotlivé aplikace. Tímto způsobem jsou zákazníkům nabízena optimální řešení pro jednotlivé aplikace, ale zároveň tyto specializované měniče nevyžadují specializované nástroje pro nastavení.

### **Možnost adaptace na budoucí aplikace**

Modulární koncepce činí měniče MOVIDRIVE snadno adaptovatelnými pro jakoukoli existující aplikaci a dokonce i pro budoucí nové funkce a použití. Díky modulární koncepci bude možné měniče upravit pro jakékoli nově vyvinuté hardwarové moduly i softwarové nástroje, které se objeví na trhu v dohledné budoucnosti. Bude velmi snadné provést odpovídající vylepšení. Modulární koncepce umožňuje nakupovat jednotlivé díly podle současných potřeb klienta bez toho, aby uživatel ztratil možnost instalovat nové funkce v budoucnosti.

### **Široké spektrum funkcí a možnosti ovládání**

Měniče kmitočtu s regulací polohy mohou řídit mnoho různých funkcí daného zařízení. Měnič může sloužit jako jednoduchý řídicí prvek pro programování vstupních a výstupních signálů. Nebo může fungovat jako volně programovatelný prvek softwaru IPOS, na němž uživatelé mohou vytvářet své vlastní programy pro řízení aplikací. Ve spojení s uživatelskými rozhraními, mohou měniče řídit více částí výrobní linky najednou, nebo fungovat jako pouhé pohonné zařízení řízené podle pokynů přicházejících přes uživatelské rozhraní, a předávat zpět stavové informace. Požadavky na řízení jsou různé, ale technici mohou využívat výhod jednotného uživatelského rozhraní a možností vzájemné interakce.

## 3.1 POLOHOVÁNÍ

Pokud provádíme regulaci polohy je nutné použít snímač polohy. Vydáme-li žádost o novou polohu, má motor nulové otáčky a po dosažení nové polohy musí mít opět nulové otáčky. Celý pohon musí být navržen tak, aby pohyb měl požadovanou přesnost a současně dynamiku. Dynamika je dána vlastnostmi motoru, přesnost zajišťuje zpětnovazební snímač polohy.

Při rozhodování musíme zvolit konfiguraci pohonu, která bude použita. Zadání žádané polohy může být realizováno absolutní hodnotou polohy, pomocí absolutního snímače a karty DIP11B nebo relativní hodnotou polohy pomocí inkrementálního snímače, a karty DEH11B. Pro usnadnění rozhodování, kterou konfiguraci použít pro optimální řešení, jsou dále popsány a vysvětleny obě konfigurace. [4]

### 3.1.1 ABSOLUTNÍ SNÍMAČE POLOHY

#### Oblast použití

Absolutní snímače polohy se používají pro úlohy s pevně danými pozicemi, například posuvy strojů, polohovatelné plošiny, regálové zakladače, atd., kde by případný výpadek napětí a tedy ztráta informace o přesné poloze mohla způsobit poškození zařízení. Polohování může probíhat donekonečna bez ztráty polohy. Maximální délka kabelu mezi měničem a snímačem je 100m. [4]

Základní typy absolutních snímačů lze rozdělit do tří kategorií:

- vysokootáčkové rotační snímače
- lineární snímač dráhy
- laserový měřič vzdálenosti

#### Vysokootáčkové rotační snímače

Ideální pro vysokootáčkové rotační snímače jsou zátěže s nuceným pohonem (přenos energie tvarovým stykem). V takovém případě může být snímač absolutních hodnot namontován na motorové hřídeli pohonu. Montážní náklady jsou přitom velmi nízké a rozlišení polohy díky převodovému poměru zpravidla vysoké. Provádí-li se měření dráhy externě namontovaným rotačním snímačem (snímačem dráhy), musíme dbát na dostatečný převodový poměr mezi snímačem a ozubeným řemenem.

#### Laserový měřič vzdálenosti

Princip: měření vzdálenosti je u laserových systémů založen na měření doby během impulzních infračervených paprsků. Aby bylo možno tímto způsobem získat přesný údaj o poloze, musí snímač zpracovat řadu naměřených hodnot. Tím u těchto systémů vzniká při měření polohy zpoždění až 50ms. Toto zpoždění se negativně projevuje na dynamických charakteristikách a přesnosti polohování pohonu.

Nevýhody: - nevhodnost použití u vibrující součástí, musíme omezit maximální zrychlení pohonu, vlastnosti snímače určují přesnost polohování lepší než 1 až 3mm., velké zpoždění- nevhodnost pro servořízení rychlosti, omezení zesílení regulátoru polohy – nízká dynamika, vzniká rychlostně závislá vlečná chyba

### **Lineární snímač dráhy**

Princip je podobný jako u vysokootáčkového rotačního snímače, při měření polohy nedochází k žádnému zpoždění. Otevřené lineární snímače jsou tvořeny měřítkem, nebo měřicím páskem a snímací hlavou, která pracuje bez mechanického kontaktu s měřítkem. Měřítka otevřených snímačů je upevněno přímo na montážní ploše. Předpokladem pro vysokou přesnost lineárního snímače je vysoká rovinnost montážní plochy.

Výhody: nedochází k omezení dynamiky, možnost servořízení, kontrolní funkce jsou plně účinné, malá vlečná chyba je možná.

Nevýhody: rozlišení polohy 0,8mm. zvýšené nároky na mechanickou instalaci s ohledem na instalování, měřítka nebo měřicího páska.

### **Použití se systémem IPOS**

Karta absolutních snímačů polohy DIP11B je doplňkové vybavení, rozšiřuje Frekvenční měnič MDX61B o rozhraní SSI. SSI (Serial Synchronous Interface) je široce používané sériové rozhraní mezi absolutním snímačem polohy (slave) a regulátorem (master). Přenos dat je založen na standardech RS422/485, má vysokou spolehlivost, která je dána jednoduchostí. Skládá se z pouhých dvou párů vodičů, jeden je pro hodinový signál, druhý pro přenos polohy s kódem. Hodinové frekvence mohou být použity v rozsahu od 100kHz do 2MHz, počet hodinových impulsů je závislý na počtu datových bitů, které budou předávány.

Karta DIP11B umožňuje implementaci absolutního snímače do integrovaného řízení polohování IPOS, což nabízí tyto možnosti:

- Při spuštění zařízení nebo po výpadku sítě není potřeba žádný referenční chod
- Polohování volitelně: buď přímo, s absolutním snímačem polohy, nebo se snímačem motoru
- Nahrazení polohových spínačů na pojezdové dráze i bez zpětné vazby od snímače motoru.
- Volné zpracování absolutní polohy v programu IPOS
- Použití asynchronních motorů ve všech provozních režimech frekvenčních měničů MOVIDRIVE
- Absolutní snímač polohy může být namontován jak na motoru, tak také na dráze
- Jednoduché cejchování snímače při uživatelském uvádění do provozu

### 3.1.2 RELATIVNÍ SNÍMAČ POLOHY

Relativní zadání pozice je vhodné pro případy, kde pohon pracuje v určitých cyklech, například sekací a řezací stroje, přesuvné dopravníky, otočné stoly apod. Výpadek o informaci polohy nezpůsobí poškození zařízení nebo poruchový stav. [4]

#### **Inkrementální snímač**

Tento snímač poskytuje během jedné otáčky definovaný počet impulzů a vždy jednou za otáčku je generován nulový pulz. Vždy po zapnutí zařízení k napájecímu napětí je nutno při počáteční inicializaci obnovit nájezdem na referenční bod. Muže být připevněn jak na hřídeli motoru, tak na dráze.

#### **Stanovení skutečné polohy s inkrementálním snímačem**

Pro stanovení skutečné polohy je nezbytný referenční bod, z jehož pomoci je pak stanoven nulový bod osy. Měnič registruje hodnotu polohy, pokud je připojen na napájení. Impulzy z inkrementálního čidla jsou přičítány nebo odčítány a tím je průběžně určována skutečná poloha. Rozlišení čidla, tedy počet impulzu na otáčku, se zadává při uvádění do provozu. Směr otáčení čidla vůči kladnému směru otáčení motoru lze upravit zadáním záporného počtu impulzů. Po zapnutí napájení měniče je hodnota skutečné polohy rovna nule.

Určování skutečné polohy probíhá nezávisle na tom, zda pohon právě běží nebo stojí. Měnič zjišťuje skutečnou polohu, pokud je pod napájením. Změny polohy, které nastaly při vypnutí napájení měniče, nejsou registrovány a nevedou tedy ke změně hodnoty skutečné polohy. Proto po každém vypnutí napájení je zpravidla nutná referenční jízda (nové určení nulového bodu a tím i skutečné polohy).

Inkrementální snímač může být umístěn i jinde než na hřídeli motoru. V tom případě je nutné zadat v příslušném parametru převod a měnič pak přepočítá otáčky snímače.

Směr otáčení inkrementálního snímače musí odpovídat směru otáčení motoru. Při pozitivní hodnotě výstupní frekvence (směr doprava) musí hodnota polohy narůstat. Nejlépe ověříme pomocí programu Shell. V záložce Startup / manual operation.

## 3.2 PROGRAM IPOS

Je to řídicí program od výrobce zařízení, který se nahrává do paměti měniče. Program zpracovává informace o polohování a sekvenčním řízení.

Jsou k dispozici dva způsoby provedení měničů, standardní a technologické. Fyzicky se obě provedení nijak neliší, pouze v případě potřeby lze standardní provedení rozšířit na technologické, avšak již bez nutnosti nového programování.

### Standardní provedení

Zařízení jsou sériově vybavena integrovaným polohovacím a sekvenčním řízením IPOS a mohou být rozšířena o nabízené doplňky. Standardní provedení lze rozpoznat podle číslic „00“ na konci typového označení. V tomto provedení si celou aplikaci programujeme sami dle našich požadavků a potřeb. Programování probíhá v softwaru Appbuilder. Uživatelské programy mohou mít několik stovek programových řádků. [6]

### Technologické provedení

Kromě všech charakteristik standardního provedení jsou tato zařízení vybavena technologickými funkcemi „Elektronická kotoučová vačka“ a „Interní synchronní chod“. Navíc je u zařízení v technologickém provedení možné využít všechny aplikační moduly implementované v obslužném programu MOVITOOLS® MotionStudio. Technologické provedení rozpoznáme podle znaků „0T“ na konci typového označení. [6]

### Aplikační moduly u technologického provedení

Zařízení v technologickém provedení umožňují přístup k aplikačním modulům. Aplikační moduly jsou standardizované řídicí programy pro řešení polohování, navíjení a řízení pohonů.

Aplikační moduly nabízejí následující výhody:

- Vysoká funkčnost a uživatelsky přívětivé ovládací rozhraní.
- Je třeba pouze zadat potřebné parametry pro danou aplikaci.
- Asistované nastavování parametrů namísto náročného programování.
- Žádné zdlouhavé zaškolení, a tedy snadná konfigurace a uvedení do provozu.
- Kompletní řízení průběhu pohybů probíhá přímo v měniči MOVIDRIVE.

## Využití programu IPOS ve standardním i technologickém provedení.

Zařízení IPOS se svým rozsahem funkcí a množstvím variant přesahují oblast použití pouhého regulátoru otáček. Spíše je možné pomocí polohování a sekvenčního řízení uloženého v měniči MOVIDRIVE v mnoha případech výrazně snížit zatížení nadřazeného řízení PLC, případně je dokonce zcela nahradit.

Díky omezení centrálního řízení získává zákazník značný potenciál pro úspory na hardwaru a náročnosti elektrické instalace.

Programovací nároky se rozdělí mezi PLC a řízení měniče, je ovšem zapotřebí, aby se uživatelé zapracovali do systému.

### Vlastnosti systému IPOS®

Se zpětnou vazbou snímače přináší systém IPOS® výkonné **polohování** z bodu do bodu. Vykonávání programu je nezávislé na zpětné vazbě snímače a na provozním režimu. MOVIDRIVE i v případě poruchy zařízení nadále vykonává uživatelský program (možnost ošetření chyby v uživatelském programu). Systém IPOS může paralelně vykonávat několik uživatelských programů / úloh. Úlohy je možné přerušit funkcí interrupt.

Možnosti přístupu k nainstalovaným doplňkům:

- Vstupní/výstupní karta
- Rozhraní pro průmyslové sběrnice
- Karta pro synchronní chod

Rozsáhlé možnosti komunikace:

- Systémová sběrnice (S-Bus)
- RS-485
- RS-232 (s převodníkem rozhraní USS21A, UWS11A, UWS21A)
- Rozhraní pro průmyslové sběrnice

Polohování s volitelnými otáčkami pojezdu a polohovací rampou. Pozitivní zpětná vazba pro regulační obvody polohy, otáček a krouticího momentu pro minimalizaci vlečné chyby. Zpracování údajů snímače absolutních hodnot. Systém IPOS® přináší možnost čtení a zápisu všech komunikačních příkazů a parametrů měniče.

Stavové a kontrolní funkce:

- Sledování vlečné chyby
- Hlášení polohy
- Softwarové a hardwarové koncové spínače
- Funkce snímače



## Technické údaje vztažené k programu IPOS

Rozlišení snímače: MOVIDRIVE® X15, snímač motoru MOVIDRIVE® X14, externí snímač MOVIDRIVE® X62, snímač absolutních hodnot (též snímač absolutních hodnot HIPERFACE®)	Systém IPOS® pracuje vždy s 4 096 inkrementy / otáčku motoru Předpoklad: Rozlišení snímače 512, 1 024 nebo 2 048 impulsů / otáčku motoru (jiná rozlišení nejsou přípustná)
Maximální délka programu tedy programová paměť	16kB 1kB odpovídá cca 200-250 příkazů assembleru
Doba zpracování příkazu	Task 1: 1...10 příkazů assembler/ ms Task 2: 2...11 příkazů assembler/ ms Task 3: volná doba výpočtu
Přerušení ( interrupts)	1 přerušení vyvolané časovačem, chybou přeruší Task 1, a 4 přerušení, které přerušují Task 2 a Task 3.
Proměnné	1024 ,32bitových proměnných z toho 128 možno uložit permanentně (ochrana proti výpadkům sítě) Rozsah hodnot : $- 2^{31} .. + 2^{31} - 1$
Vstupy dotykových signálových spínačů	2 vstupy, doba zpracování 200μs
Doba odečtu analogových signálů:	1ms
Doba odečtu binárních signálů	1 ms
Binární vstupy a výstupy	8 vstupů/ 6výstupů na měniči 8vstupů / 6výstupů na kartě DIP11B
Analogové vstupy a výstupy:	1 vstup (0 ... 10 V, ± 10 V, 0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA)

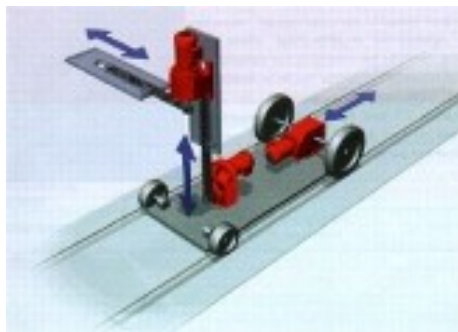
### 3.3 APLIKACE - JEDNOÚČELOVÉ STROJE

Předvolené řešení, které nám nabízí výrobce. Výrobce zařízení se specializuje na tuto oblast. [2], [3], [6]

- Přepravní technika- pojezdy, zdvihací zařízení, kolejová vozidla
- Logistika- regálová obslužná zařízení, vozíky pro příčný pojezd
- Manipulace s paletami a manipulačními roboty
- Zpracovatelský průmysl

#### 3.3.1 POLOHOVÁNÍ PO SBĚRNICI

Modul polohování na sběrnici je vhodný pro aplikace určené k polohování s proměnným počtem cílových poloh. Využití aplikace polohování na sběrnici a rozšířené polohování na sběrnici se využívá u zdvihacích zařízení a kolejových vozidel.



**Obrázek 8.** *pozicování po sběrnici*[6]

#### **Vlastnosti:**

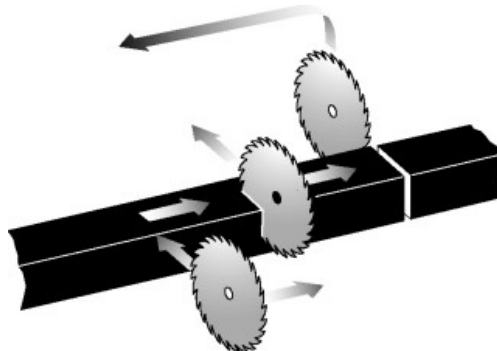
- Je možné nadefinovat a přes průmyslovou / systémovou sběrnici navolit libovolné množství cílových pozic.
- Pro polohovací chod je možné přes sběrnici zvolit libovolnou rychlost.
- Je možné nadefinovat a vyhodnocovat softwarové koncové spínače.
- Jako externí snímače je možné vyhodnocovat buď inkrementální snímače, nebo snímače absolutních hodnot.

#### **Výhody oproti klasickému provedení:**

- Uživatelsky přívětivé rozhraní, uvedení do provozu a diagnostika.
- Asistované nastavování parametrů namísto náročného programování.
- Monitorovací provoz poskytuje optimální diagnostiku.
- Jednoduché napojení na nadřazené řízení (PLC).
- Je třeba pouze zadat potřebné parametry pro polohování na sběrnici (převodový poměr, rychlost, průměr).

### 3.3.2 LETMÁ PILA

Kromě této aplikace je možné pomocí „letmé pily“ realizovat další aplikace s podobným cyklem, např. synchronní přepravu materiálu, plnicí stanice nebo „letmý razník“. [2]



Obrázek 9. Letmá pila[2]

#### Ovládání

Provoz pily může být automatický řízený, přes průmyslovou sběrnici. Nebo ruční, pomocí zadávání příkazu od obsluhy zařízení.

Přehled hlavních výhod:

- Uživatelsky přívětivé rozhraní.
- Zadání různých délek řezu přes svorky nebo přes sběrnici.
- Možnost volby mezi regulací délky a regulací podle značek řezu.
- Provoz je možno monitorovat a zobrazit všechna důležitá data.
- Kompletní řízení pohybů provádí program IPOS<sup>®</sup> v měniči MOVIDRIVE<sup>®</sup>.
- Funkce okamžitého řezu při manuálním přerušení.

### 3.3.3 JEŘÁBOVÉ APLIKACE

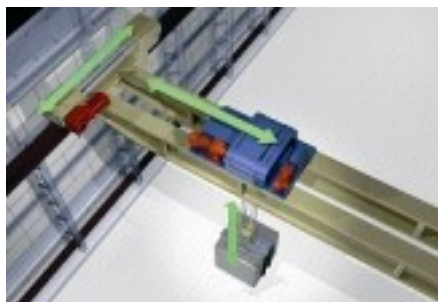
Využívají se téměř všude a skoro ve všech průmyslových oborech, kde je třeba zvedat břemena a pohybovat s nimi například na stavbách, na překladištích, ve skladových halách a v montážních nebo výrobních halách. Děje se tak pomocí stavebních jeřábů, portálových jeřábů, zdvihacích zařízení a pojezdů.

Příslušné pohony tak musí být vybaveny možnostmi

- ručního ovládání na místě (místní ovládání)
- dálkového řízení (dálkové ovládání).

Samozřejmě musí být k dispozici potřebná bezpečnostní zařízení, jako rozpoznání zátěže nebo kontrola koncových spínačů.

Typickou aplikací pro řízení jeřábu jsou portálové jeřáby. Řízení je možné použít pro obě pojezdové osy a samozřejmě také pro zvedací osu. U obou pojezdových os je nezbytně nutné omezit dráhu pojezdu pomocí koncových spínačů. Obvykle se kromě koncových spínačů používají navíc i předřazené koncové spínače pro snížení rychlosti na konci dráhy. Z bezpečnostních důvodů je třeba koncové spínače sledovat. U zvedací osy se kvůli optimálnímu využití instalovaného výkonu snižuje rychlost v závislosti na zátěži.



**Obrázek 10.** Jeřábová aplikace[6]

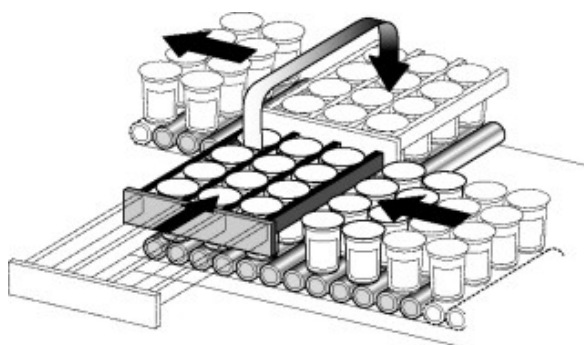
Možnost změny následujících funkcí během pojezdu:

- Cílová poloha
- Otáčky pojezdu
- Polohovací rampa
- Krouticí moment

### 3.3.4 ELEKTRONICKÁ VAČKA

Vždy, když je třeba vzájemně sladit komplexní průběhy pohybů v cyklicky běžících strojích, byly dosud používány mechanické vačky. Mechanické řešení však poskytuje jen malý počet stupňů volnosti a nevyhovuje požadavkům moderních zařízení ve výrobě a zpracovatelském průmyslu a proto jsou stále častěji nahrazovány elektronickými vačkami. Aplikace pro vačku nalezneme v následujících oborech:

- Balicí průmysl
- Dřevařský průmysl
- Přepavní technika
- Manipulační technika
- Tiskařské stroje



Obrázek 11. Elektronická vačka[6]

#### Výhody:

- Vysoká flexibilita zařízení, oproti mechanické vačce
- Uživatelsky přívětivý editor vačky, Možnost importu dat křivky
- Optimalizace s důrazem na eliminaci rázů, maximální zrychlení a sklon k rozkmitání.
- Monitorovací provoz pro optimální diagnostiku.
- Možnost použití virtuálního řídicího generátoru.
- Volitelné řízení přes svorky nebo přes průmyslovou sběrnici.
- Možnost propojení zařízení pomocí standardně dostupné systémové sběrnice.
- Kompletní řízení pohybů provádí program IPOS® v měniči MOVIDRIVE®.
- Pro vačku není zapotřebí žádné externí řízení, Realizace decentrálních koncepcí je snadnější.

### 3.3.5 OTOČNÝ STŮL - POLOHOVÁNÍ MODULO

Vždy, když je přepravován materiál, např. u aplikací v oblasti přepravní techniky a logistiky, je třeba řídit průběhy velkého množství pohybů. Velmi často se přitom jedná o rotační pohyby v podobě otočných stolů nebo přepravních pásů. Zejména rotační pohyby se často provádějí taktovaně.

#### Otočný stůl

Konkrétním zadáním pohonu jsou otočné taktované stoly. Materiál se pro další zpracování posouvá v taktu vždy o určitý úhel. Obvykle přitom dochází k pohybu pouze jedním směrem.

#### Otočné rozdělovače

Další typ pohonu představují otočné rozdělovače. Zde je materiál rozdělován do různých pozic, přičemž je často zapotřebí polohování s optimalizací trasy. Do nové polohy systém najede vždy po nejkratší možné trase.

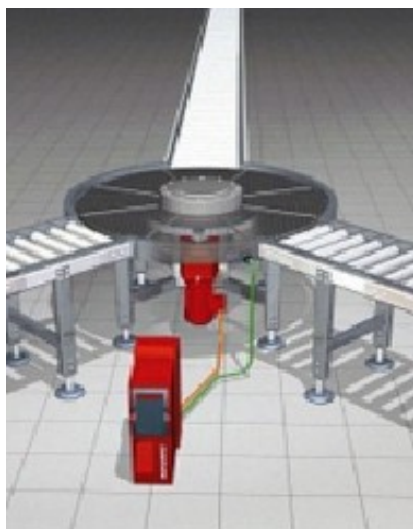
#### Přepravní pásy

Představují podobné zadání pohonu, jako otočné stoly. Materiál se na přepravním pásu posouvá vždy o určitou vzdálenost. Kompletní oběh přepravního pásu přitom odpovídá otočení taktovaného stolu o 360°.

#### Další aplikace

Kromě rotačního stolu, otočného rozvaděče a přepravního pásu je samozřejmě možné pomocí aplikačního modulu „polohování Modulo“ realizovat i další aplikace. Jako příklady je možné uvést, výkyvná zařízení a klikové pohony.

V zásadě všechny aplikace se silovou vazbou mezi hřídelem motoru a zátěží.



**Obrázek 12.** Polohovací stůl[6]

### 3.3.6 SKLADOVÉ SYSTÉMY

Ve skladu s výškovými regály se obvykle skladují velká množství materiálu, sklad má proto mnoho uliček, tok materiálu je však poměrně malý. V takovém případě regálové obslužné zařízení obsluhuje několik uliček ve skladu, musí mít proto řízení průjezdu zatáčkou. Řízení průjezdu zatáčkou znamená, že mezi předním a zadním pohonem je umístěn diferenciál a aktivním řízením dochází k omezení radiálních sil při průjezdu zatáčkou. Pokud přední kolo odbočí do zatáčky, zadní jede stále rovně a zpomalí. Jakmile do zatáčky odbočí i zadní kolo, přední kolo opět přejde do přímého směru. Důsledkem je výrazné zvýšení rychlosti zadního kola, v závislosti na poloměru a vzdálenosti náprav na dvojnásobek nebo i více.

Z toho vyplývají následující požadavky kladené na pohon:

- Rozložení zátěže, poháněna jsou obě kola
- Regulace skluzu
- Řízení průjezdu zatáčkou, elektronický diferenciál



**Obrázek 13.** *Skladové systémy[6]*

#### **Elektronický diferenciál s aktivním řízením průjezdu zatáčkou.**

Základem řízení je, že musí být známý údaj o otáčkách obou kol. Obě kola regálového obslužného zařízení jsou poháněna, dochází k rozdělení zátěže mezi oba pohony. Hnací motory jsou vybaveny inkrementálním snímačem a jsou napájeny každý z vlastního měniče.

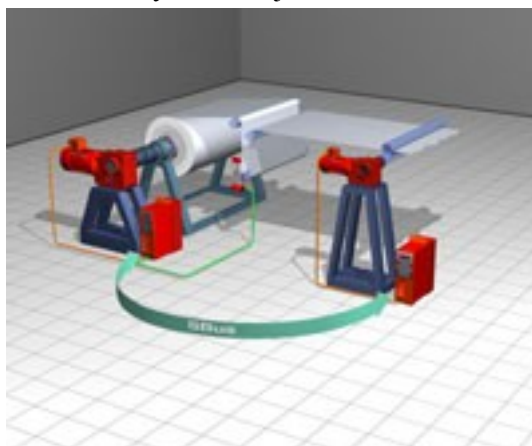
#### **Výhoda:**

Díky aktivnímu řízení průjezdu zatáčkou je možné zatáčku projet 2,5krát až 3krát rychleji.

### 3.3.7 TAHOVÝ NAVÍJEČ

#### Využití: navíječ, odvíječ, převíječka

V mnoha aplikacích, např. v papírenském, textilním průmyslu a v provozech zpracujících látku nebo plech, je třeba odvíjet kontinuální materiál za účelem dalšího zpracování, nebo jej po zpracování opět navinout. Aby nemohlo dojít k přetržení materiálu, musí odvíjení probíhat naprosto bez rázů a tahová síla musí být stále stejná.



**Obrázek 14.** *Navíječ/odvíječ[6]*

#### Výhody:

Spojení měničů přes systémovou sběrnici.

Řešení s měničem předpokládá, že odvíječ i stahovací válec jsou poháněny každý jedním motorem. Oba měniče jsou spojeny se standardně dostupnou systémovou sběrnici (SBus). Díky výměně dat mezi měniči není zapotřebí používat na trase externí snímače. Případné přetržení pásu měnič rozpozná. Automatický asistent zakládání zajistí rychlé pokračování odvíjení.



## 4. MOŽNOSTI OVLÁDÁNÍ MĚNIČE MDX61

Obecné požadavky na možnosti ovládání měničů:

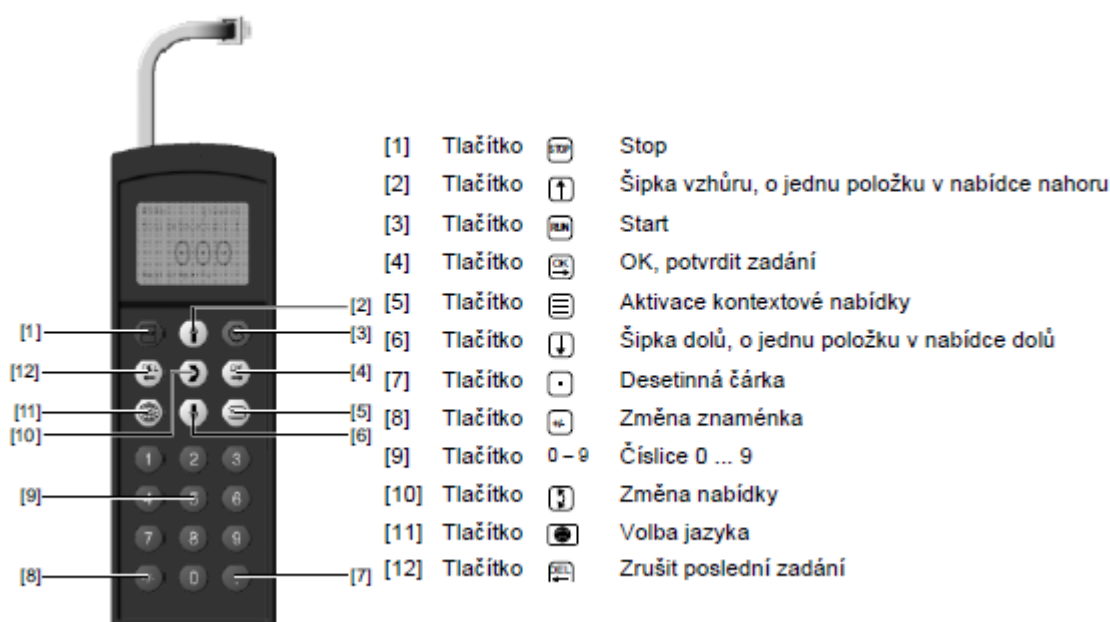
- Podpora všech standardních komunikačních protokolů
- Možnost adaptace ovládání na nové měniče
- Jednoduché komunikační rozhraní
- Společné uživatelské ovládání i s ostatními výrobky od jednoho výrobce
- Snadné uvedení do provozu

Pro ovládání existují následující možnosti zadávání požadovaných hodnot:

- Analogové požadované hodnoty
- Pevné požadované hodnoty
- Pevné + analogové požadované hodnoty
- Motorový potenciometr
- Provoz systémové sběrnice
- Provoz rozhraní RS-485
- Požadovaná hodnota průmyslové sběrnice
- IPOS<sup>®</sup> - požadovaná hodnota polohy

## 4.1 MANUÁLNÍ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ OBSLUŽNÉHO PANELU DBG60B

Obslužný panel (obr. 15.) je vybaven monochromatickým LCD displejem, panel v ručním režimu slouží pro příkazy jako start, stop, zvýšení a snížení otáček, a nastavení požadovaného směru otáčení. Tento obslužný panel také umožňuje zadávání parametrů, z kompletního seznamu parametrů uvedeného v příručce. Tento proces se nazývá parametrizace. Pomocí obslužného panelu lze z měniče MDX61 na jiné přístroje MDX61 kopírovat kompletní seznamy parametrů. Pro připojení slouží konektor RS485. [5]



**Obrázek 15.** *Obslužný panel [5]*

Obslužný panel není součástí měniče kmitočtu, je doplňkovým vybavením. Snadnější je ovládání pomocí počítače.

## 4.2 MANUÁLNÍ NEBO AUTOMATICKÉ OVLÁDÁNÍ PROSTŘEDNICTVÍM EXTERNÍCH OVLÁDACÍCH PRVKŮ S VÝSTUPEM NA ŘÍDÍCÍ SVORKOVNICI MĚNIČE

Pro snadné ovládání měniče bez nutnosti připojení počítače, jsem vyrobil ovládací panel. Vyobrazení ovládacího panelu je na obrázku 15. schéma zapojení obrázek 16. Při parametrizaci měniče jsem digitálním a analogovým vstupům přiřadil funkce:

### Přiřazené funkce:

DIGITÁLNÍ VSTUP DI00	Zapnutí manuálního ovládání
DIGITÁLNÍ VSTUP DI01	Spuštění / zastavení
DIGITÁLNÍ VSTUP DI02	Zadání směru otáčení doleva
DIGITÁLNÍ VSTUP DI03	Zadání směru otáčení doprava
ANALOGOVÝ VSTUP AI11	Požadované otáčky



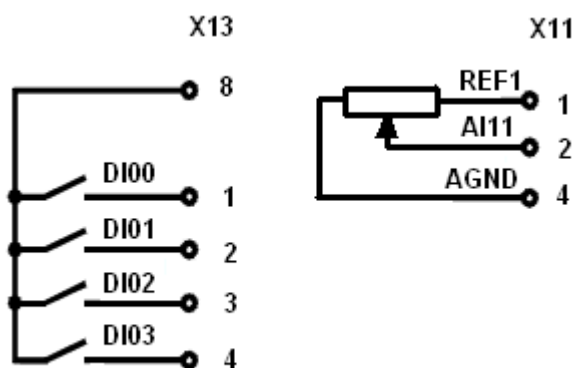
Obrázek 16. Ovládací panel

Pro ovládání pomocí spínačů se používají digitální vstupy, které jsou vyvedeny na řídicí svorkovnici X13. Měnič má vlastní zdroj ovládacího napětí DC24V pro digitální vstupy, není tudíž nic jednoduššího než připojit vlastní spínače. Digitální vstupy je možno nastavit tak, aby po sepnutí vyvolaly funkci, kterou požadujete (např. funkce start/stop v libovolném směru, reverzace, aktivace rychlého zastavení, spuštění do přednastavené pevné frekvence v libovolném směru, smazání poruchy, aktivace krokování apod.).

## ANALOGOVÝ VSTUP AI11, AI12

Svorky jsou vyvedeny na svorkovnici X11.

Na analogovém vstupu je potom možno regulovat otáčky prostřednictvím potenciometru nebo jiné analogového zdroje (napětově 0 – 10V, proudově 0 – 20mA nebo 4 – 20mA). Analogový vstup je možno kalibrovat na požadovaný rozsah. Pro analogový vstup mají měniče k dispozici zdroj DC10V.



Obrázek 17. Schéma zapojení

Všechny tyto vstupy mohou být také použity pro připojení automatických spínačů, koncová a polohová čidla apod. pro spínání digitálních vstupů, nebo různých měřicích komponent s analogovým výstupem pro regulaci otáček prostřednictvím analogových vstupů.

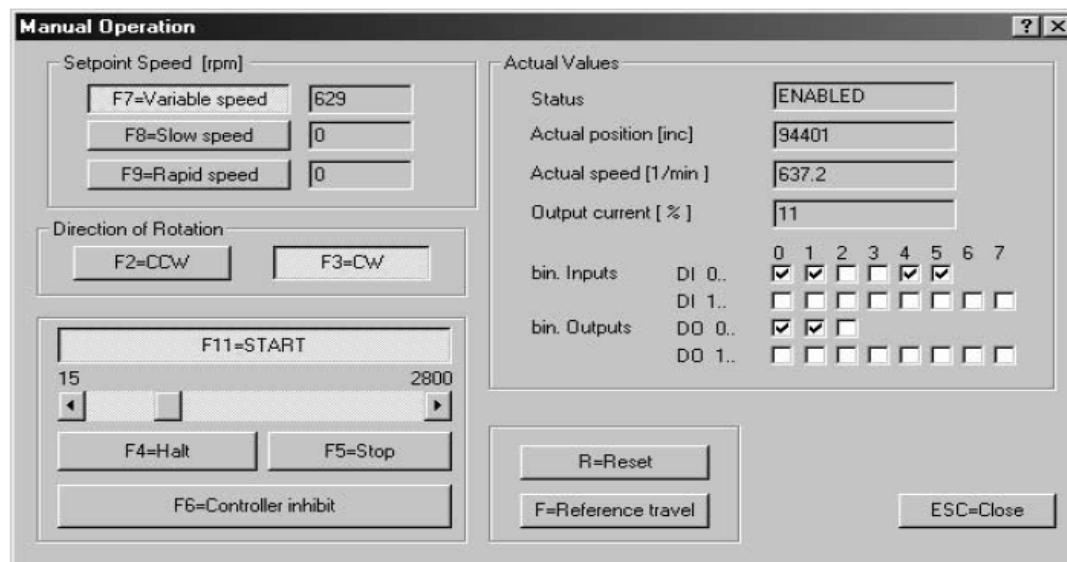
Funkce	X11:2 (AI11) Analogový vstup n1	X13:1 (DI00) /Blokování regulátoru	X13:2 (DI01) Vpravo/ stop	X13:3 (DI02) Vlevo/stop	X13:4 (DI03) Uvolnění/stop	X13:5 (DI04) n11/n21	X13:6 (DI05) n12/n22
Blokování regulátoru	X	"0"	X	X	X	"0"	"0"
Stop	X	"1"	X	X	"0"	"0"	"0"
Uvolnění a zastavení	X	"1"	"0"	"0"	"1"	"0"	"0"
Chod vpravo na 50 % $n_{max}$	5 V	"1"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"
Chod vpravo na $n_{max}$	10 V	"1"	"1"	"0"	"1"	"0"	"0"
Chod vlevo na 50 % $n_{max}$	5 V	"1"	"0"	"1"	"1"	"0"	"0"
Chod vlevo na $n_{max}$	10 V	"1"	"0"	"1"	"1"	"0"	"0"

Tabulka požadovaných hodnot /5/

### 4.3 MANUÁLNÍ OVLÁDÁNÍ POMOCÍ MOVITOOLS

MOVITOOLS® MotionStudio je software od výrobce pro všeobecnou správu.

Jeho součástí je také program Manual Operation. Tento program umožňuje manuálně ovládat zařízení přímo z PC. Tento program jsem také využíval při své práci.



Obrázek 18. Program ruční provoz [5]

Ovládání pomocí programu je jednoduché a účelné. Umožňuje restartovat zařízení v případě zobrazení chybového hlášení. Ale plně nenahrazuje ovládání pomocí ovládacího panelu. Protože k spuštění motoru je nutno na digitálním vstup měniče “DI00“ nastavovat hodnotu “1“, “0“, tedy ovládací panel je v laboratorním stanovišti zapotřebí.

Výhoda programu Manual operation je, že zobrazuje informace o aktuální pozici snímače. A umožňuje stanovení skutečné polohy s inkrementálním snímačem.

## 4.4 DÁLKOVÉ ŘÍZENÍ Z PLC NEBO JINÉHO ŘÍDICÍHO SYSTÉMU

V technice elektrických pohonů se nejčastěji používá kombinace PLC s měniči. PLC je průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase, řízení strojů nebo výrobních linek. PLC je ideální k ovládání velkého počtu pohonu, za určitých podmínek i k regulaci.

Měnič je osazen doplňkovou komunikační kartou DFP21B. Tato karta umožňuje provést spojení s nadřazeným automatizačním systémem přes sběrnici PROFIBUS.

Přes rozhraní sběrnice PROFIBUS nám MOVIDRIVE MDX61B umožňuje digitální přístup ke všem parametrům a funkcím pohonu. Řízení měniče je realizováno prostřednictvím rychlých cyklických procesních dat. Prostřednictvím tohoto kanálu procesních dat máme možnost kromě zadávání požadovaných hodnot, jako např. požadované otáčky, integrační časy pro rozběh a doběh apod., rovněž spouště funkce pohonu, např. uvolnění, zastavení, rychlé zastavení atd. Zároveň však přes tento kanál můžeme vyčíst skutečné hodnoty z měniče, jako jsou otáčky, proud, nebo stav zařízení. [1]

Pro spojení s nadřazeným automatizačním systémem (PLC) jsou i dispozici další průmyslové komunikační sběrnice:

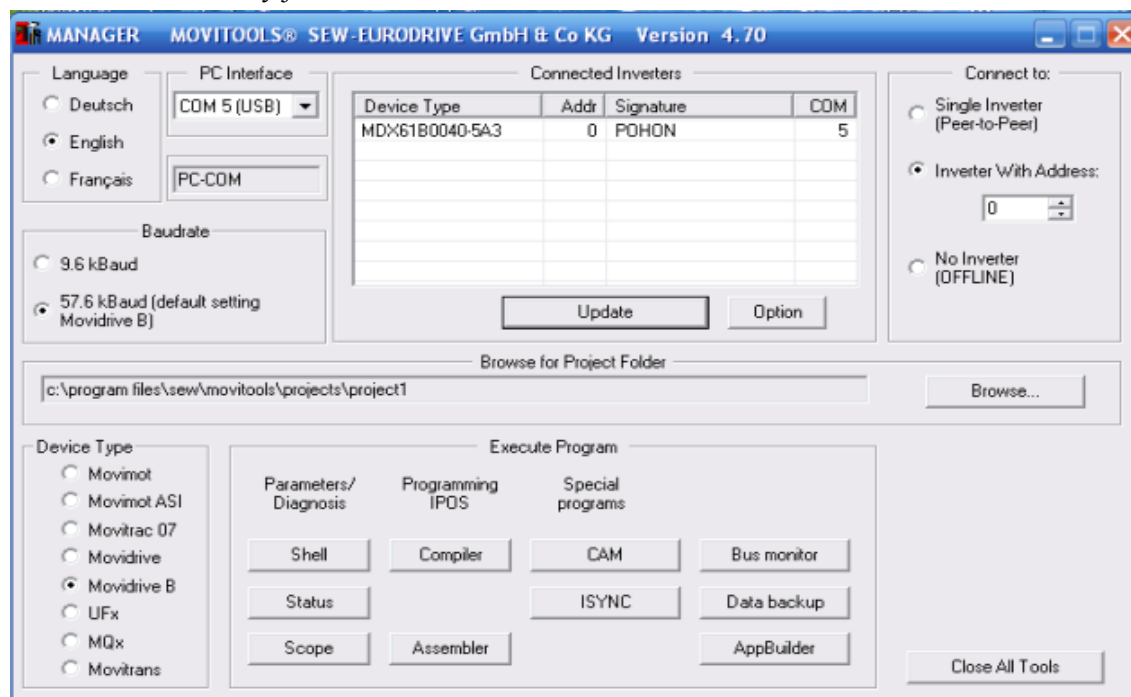
- INTERBUS
- CANopen
- DeviceNet
- Ethernet
- SBus

Možnosti komunikace po standardizovaných sběrnících se mezi jednotlivými konstrukčními řadami liší, některé mohou být integrovány přímo v měniči, pro jiné je nutné dokoupení komunikačních rozhraní.

## 5. PRAKTICKÉ MĚŘENÍ

### 5.1 UVEDENÍ DO PROVOZU

Připojíme osobní počítač a měnič přes převodník, ověříme, zda je připojení funkční v programu MT-MANAGER který je součástí softwarového balíku Movitools.

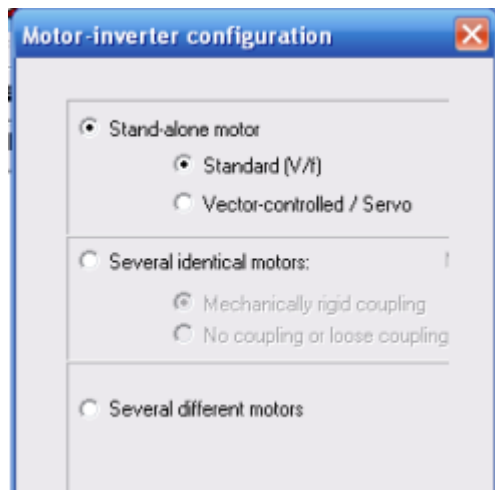


**Obrázek 19.** Úvodní okno programu MT-MANAGER

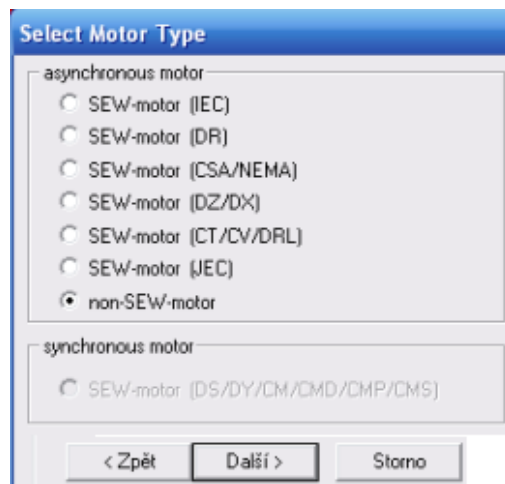
Nastavíme rozhraní v položce “PC Interface” např. COM5, z nabídky “Connect to:” zvolíme “Inverter With Address” s hodnotou 0. V položce “Device Type” řadu Movidrive B. Po kliknutí na tlačítko “update” se objeví seznam připojených zařízení. Nyní je měnič připojen a připraven k uvedení do provozu. Ve skupině “Execute Program” v oblasti “Parameters/Diagnosis” klikneme na volbu “Shell”

V programu Shell zvolíme položku uvádění do provozu “Startup” Která nás provede nastavením hodnot a parametru motoru.

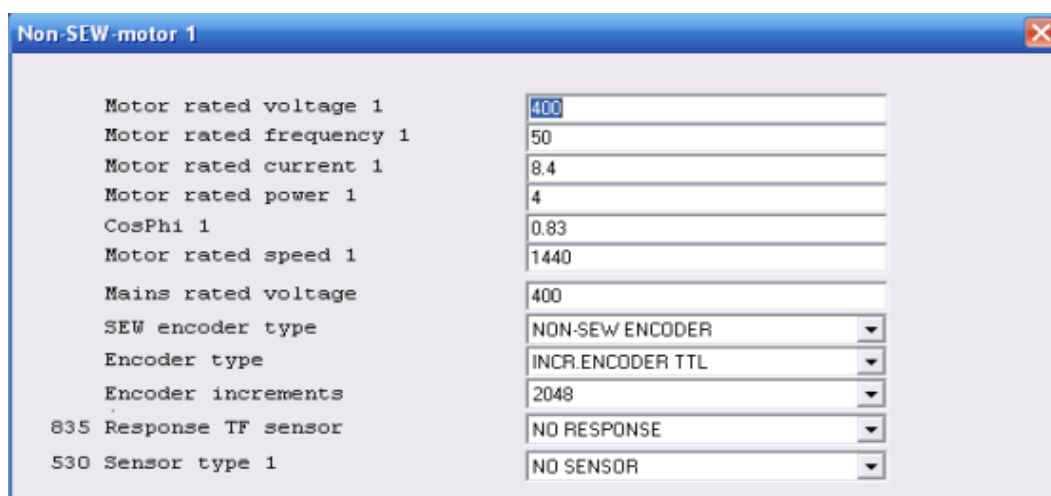
Zobrazí se nám nabídka způsobu řízení obrázek 20., zvolíme požadované řízení, v dalším kroku uvedeme typ motoru obrázek 21. a poté zadáme hodnoty motoru a typ snímače s rozlišením, obrázek 22.



**Obrázek 20.** *Způsoby řízení*



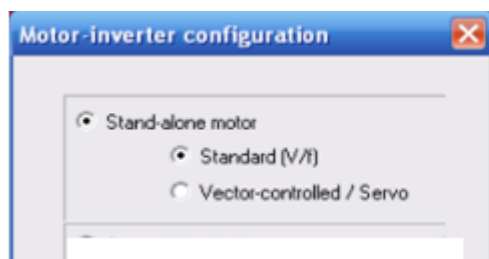
**Obrázek 21.** *Výběr motoru*



**Obrázek 22.** *Hodnoty motoru a snímače*

Takto vyplněná nabídka odpovídá laboratornímu stanovišti.



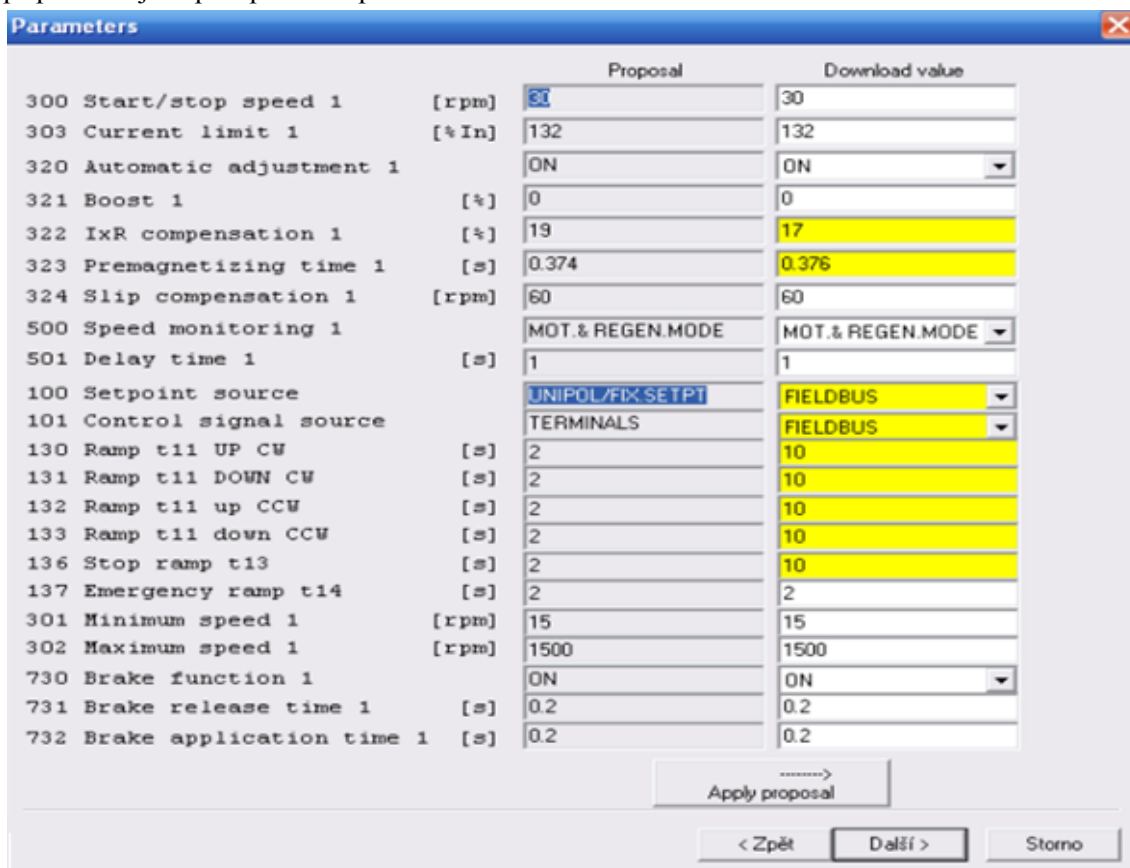


**Obrázek 23.** Vyber provozního režimu



**Obrázek 24.** Kalibrace

Dalším krokem je výběr z provozního režimu. Obrázek 23. Použitý motor není od stejného výrobce jako měnič kmitočtu, a tudíž není znám přesný matematický model. Následuje kalibrace motoru, kdy musíme na svorku digitálního vstupu DI00 přivést signál "1" a měnič provede vnitřní kalibraci obrázek 24. Pro provedení kalibrace jsou k uživateli k dispozici parametry motoru obrázek 25., které budou nastaveny v měniči, je možné tyto parametry měnit, případně si je zapsat pro další použití.

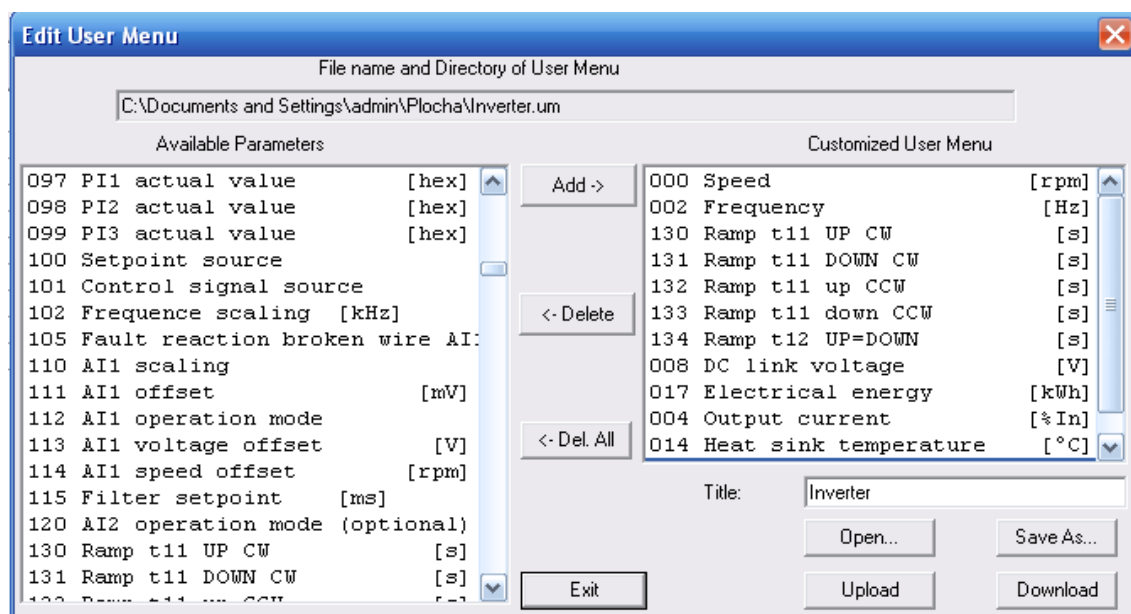


**Obrázek 25.** Parametry motoru

Tímto je uvedení do provozu hotovo, po potvrzení dojde k nahrání informací do měniče.

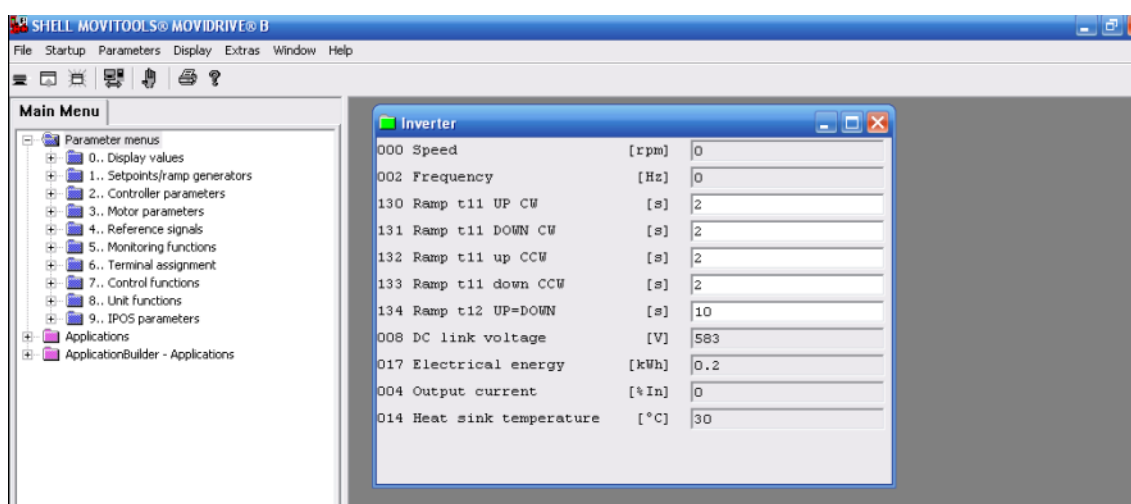
## 5.2 PARAMETRIZACE V PROGRAMU SHELL

Po úspěšném uvedení do provozu s programem shell, se zobrazí editor parametrů (obrázek 26), který obsahuje kompletní seznam dostupných parametrů. Z tohoto seznamu parametrů jsem si vytvořil vlastní menu (obrázek. 27), které je přehledné a zobrazuje pouze mnou vybrané parametry potřebné k měření.



Obrázek 26. Vytváření menu parametrů

Po ukončení výběru, se menu zobrazí v pravé části programu, kde je možno zadávat žádané hodnoty. V levé části programu je zobrazen parametrový strom, kde jsou parametry zobrazovány účelně ve skupinách např. parametry regulátoru a kontrolní funkce. Strom parametrů, je jednotný pro parametrizaci různých typů zařízení.



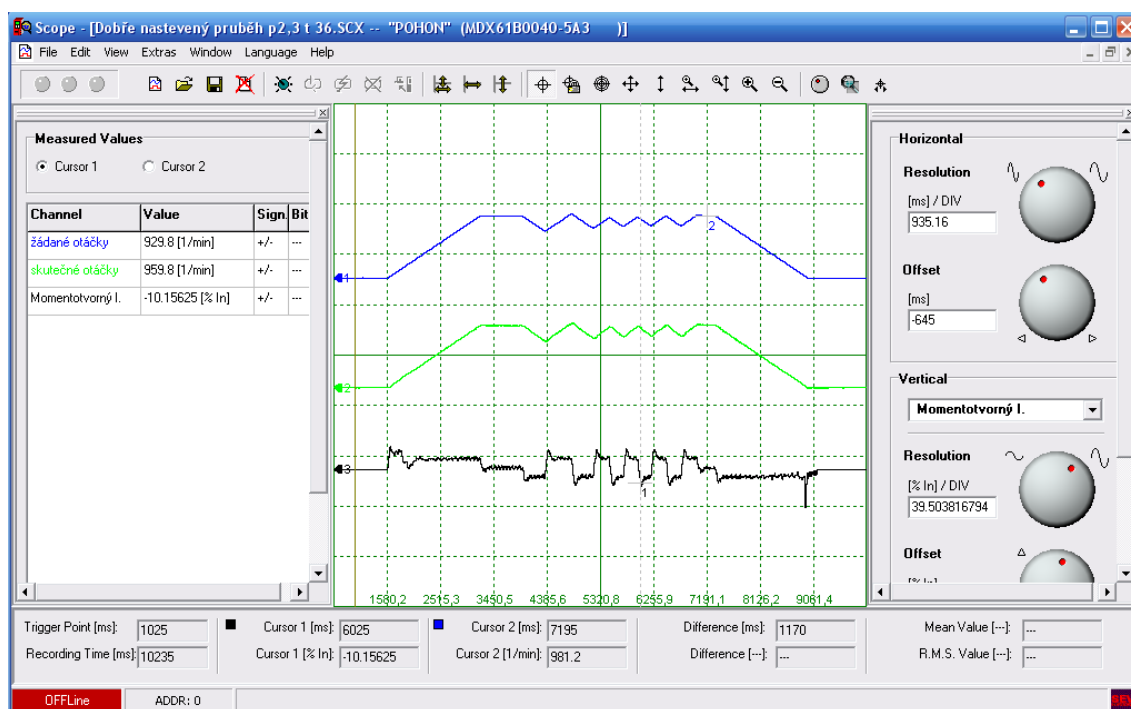
Obrázek 27. Parametrizace v programu shell

Vytváření menu a provedení parametrizace jsem uložil a přikládám jako přílohu II. **Instrukční sada parametrů**, která je v elektronické podobě na CD.

### 5.3 ZOBRAZENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ, POMOCÍ PROGRAMU SCOPE

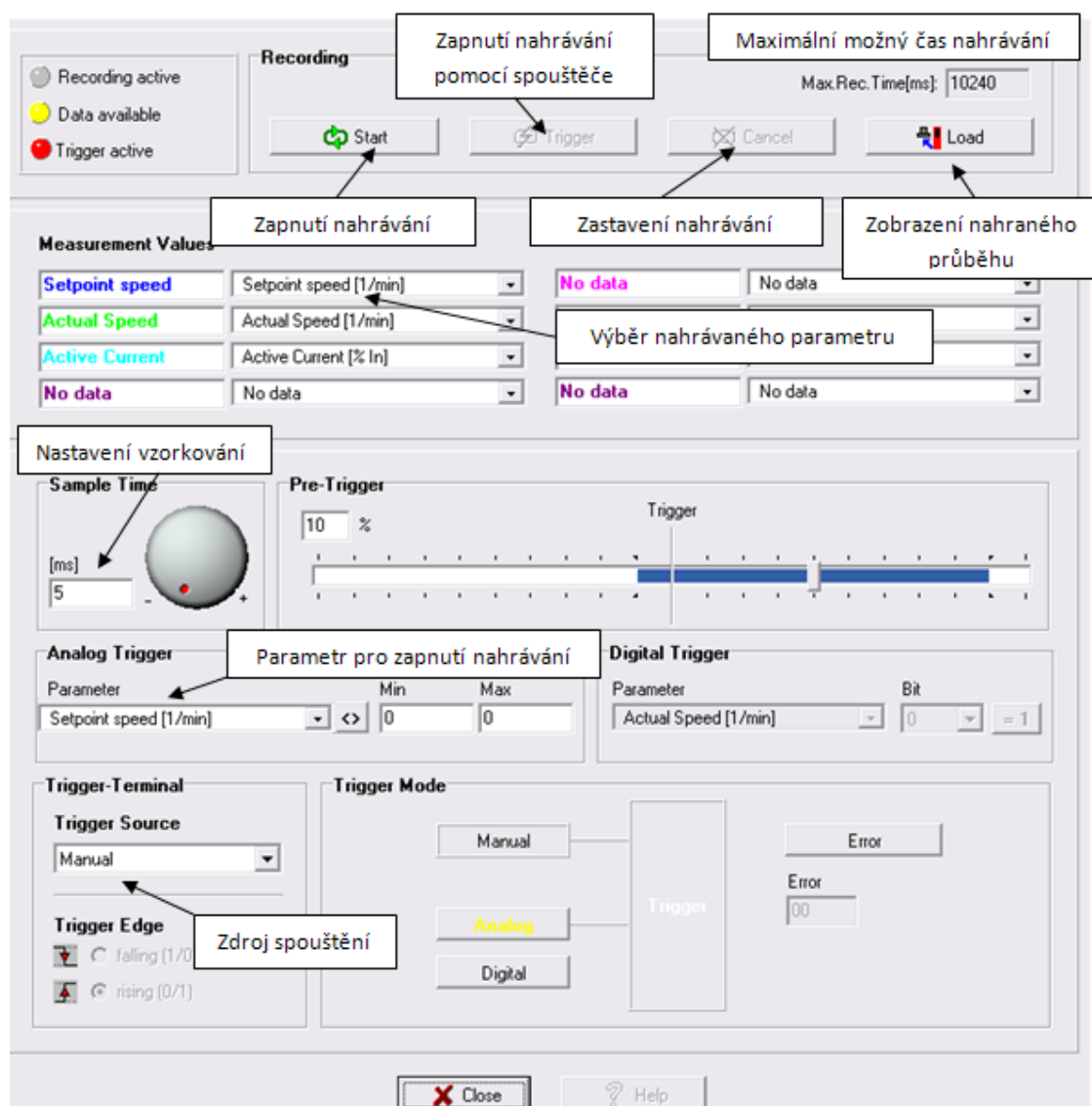
Program Scope je dodáváný od výrobce a je určený k osciloskopickému měření. Jeho hlavní výhodou je nenáročnost měření. Pro získání výsledku měření, postačuje spojení PC s měničem pomocí převodníku získané výsledky se převedou do programu, který je zobrazí a uživatel s nimi může pracovat. Nahrané průběhy je možno dále upravit a následně uložit ve formátu scx (scope) nebo csv (Excel). Odpadá tak měření na externím osciloskopu.

Obrazovka programu je zobrazen níže na obrázku 28.



Obrázek 28 Program Scope

Před měřením je nutné nastavit parametry pro záznam dat. Především délku měření, spouštěcí podmínky a dobu vzorkování. Tato nastavení jsou dostupná pod nabídkou – recorder setting na obrázku 29.



**Obrázek 29.** Nastavení záznamu dat v programu scope

Zapnutí nahrávání se provádí dvěma způsoby:

- Tlačítkem Start, záznam se spustí ihned.
- Tlačítkem Trigger, záznam se spouští až po dosažení hodnoty námi nastaveného parametru. Tuto možnost jsem při měření nevyužíval.

Po dokončení nahrávání bylo potřeba získané výsledky přenést z měniče do osobního počítače, stisknutím tlačítka Load. Získané výsledky slouží pro diagnostiku měření.

Při měření pomocí programu Scope je oproti měření s klasickým osciloskopem nevýhoda, maximální možný čas nahrávání je závislý na počtu měřených parametrech a vzorkovacím časem.

## 5.4 MĚŘENÍ

Popis měření a měřené hodnoty jsou přehledně zobrazeny v následujícím textu. Měření bylo prováděno na Laboratorním stanovišti obr 1. Ovládání měniče jsem prováděl pomocí manuálního ovládání, tedy digitálními vstupy DI00 až DI04. Zadávání parametru a následná vizualizace naměřených průběhů byla řešena pomocí osobního počítače s nainstalovaným softwarem Movitools. K zadávání parametru slouží program Shell, kompletní seznam parametrů je k dispozici v Návodu k obsluze od zařízení. K vyčítání naměřených průběhů z měniče slouží program Scope. Měření na otáčkovém regulátoru se zátěží, jsem uvedl v příloze I.

### Měření na otáčkovém regulátoru

Při tomto měření jsem nastavoval tyto parametry:

číslo parametru	Název	Rozsah
p200	Zesílení P regulátoru otáček	0,01-32
p201	časovou konstantu regulátoru n	0-300 ms

Měření jsou prováděna při vektorovém řízení se zpětnou otáčkovou vazbou bez zátěže, s nastavenou rozběhovou rampou 5s a zastavovací rampou 5s, měření pro 1000ot/min. , po rozběhu otáčky dynamicky měním.

Naměřené průběhy:

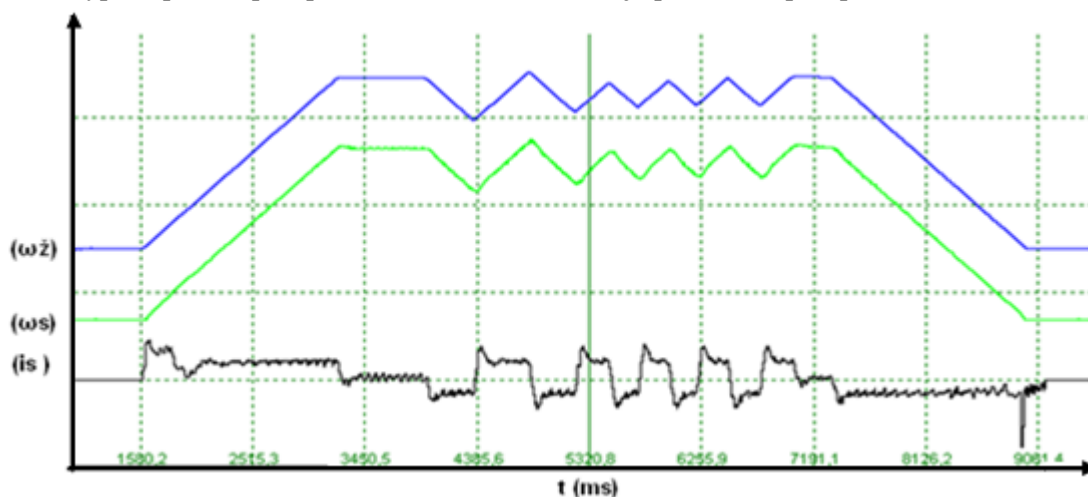
Modrý – žádané otáčky ( $\omega_z$ )

Žlutý – skutečné otáčky ( $\omega_s$ )

Černý - Momentotvorný proud ( $i_s$ )

Při uvedení do provozu provedl regulátor optimální nastavení složek  $t=36\text{ms}$  a  $P=2,3$ .

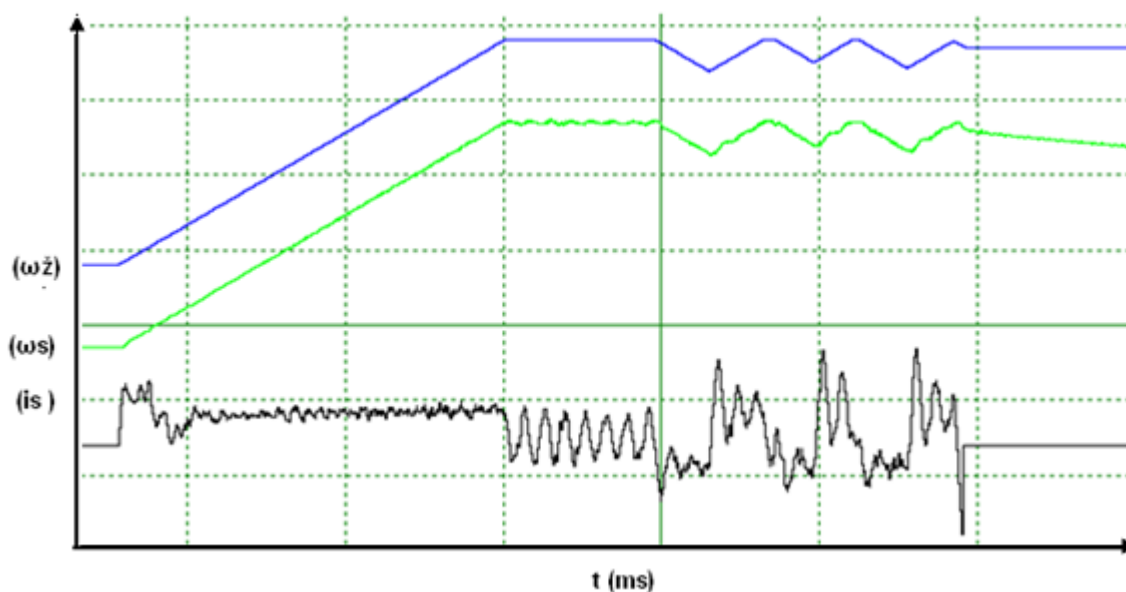
Takto vypadá průběh při optimálním nastavení, které je provedeno při optimalizaci měniče.



**Obrázek 30.** Časové průběhy otáček a proudu pro časovou konstantu regulátoru  $t=36\text{ms}$ , při zesílení  $P=2,3$

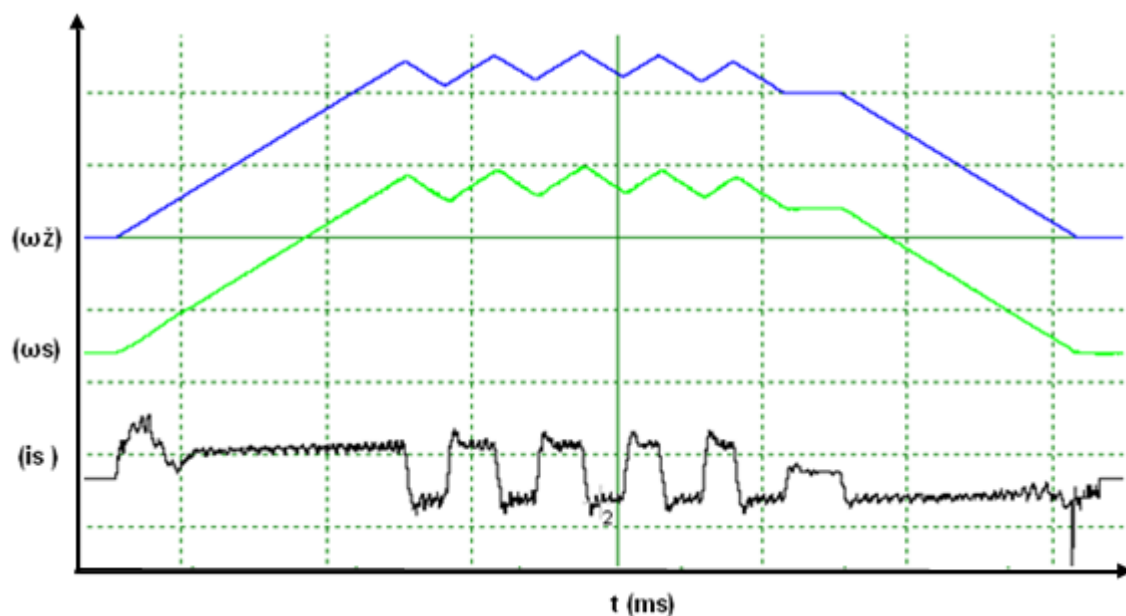
### Měření vlivu časové konstanty

Změněna byla časová konstanta regulátoru  $t=10$  obrázek 31. a  $t=150$  obrázek 32. při zachování optimálního zesílení.



**Obr. 31** Časové průběhy otáček a proudu pro časovou konstantu regulátoru  $t=10\text{ms}$ , při zesílení  $P=2,3$

Skutečné otáčky kmitají kolem žádaných, proud se pohybuje mezi minimem a maximem, nedojde k ustálení, při dynamickém požadavku na snížení rychlosti dojde k vypnutí měniče.

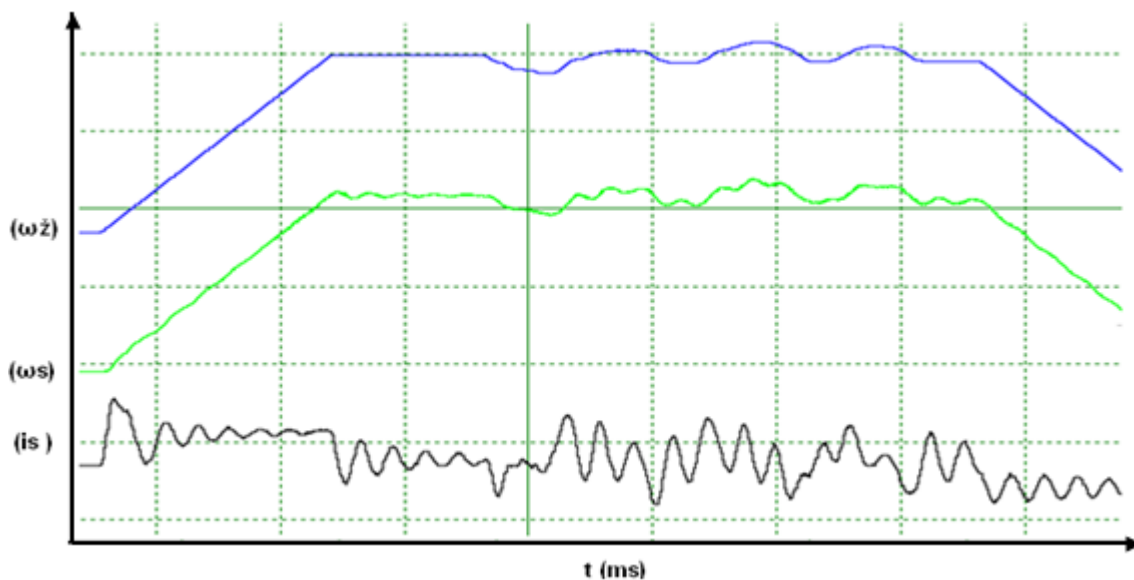


**Obrázek 32.** Časové průběhy otáček a proudu pro časovou konstantu regulátoru  $t=150\text{ms}$ , při zesílení  $P=2,3$

Zvýšení časové konstanty regulátoru se nijak zásadně neprojeví.

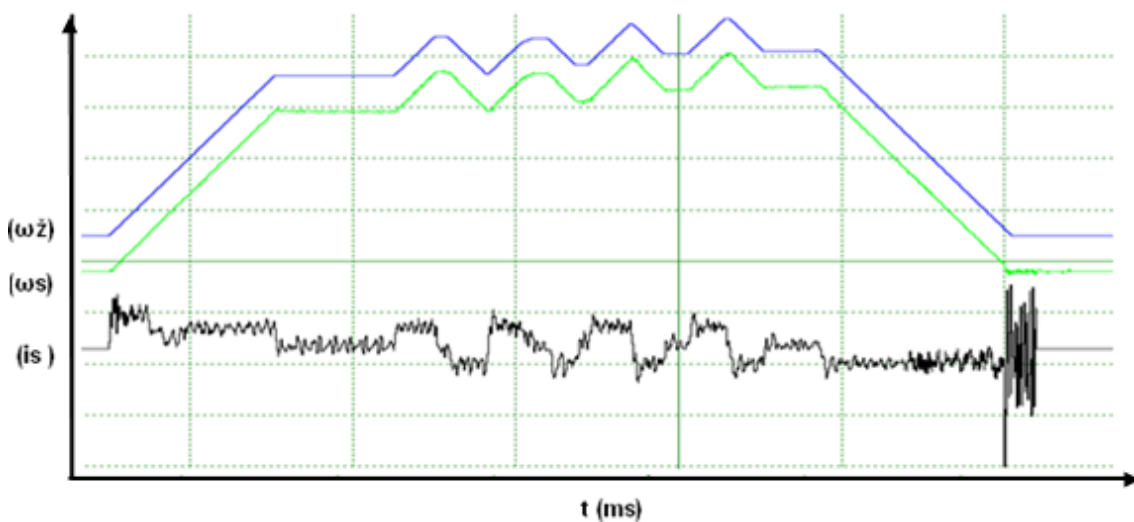
### Měření vlivu zesílení regulátoru otáček

Změněno bylo zesílení regulátoru otáček  $P=0,5$  obrázek 33. a  $P=6$  obrázek 34. při zachování optimálního nastavení časové konstanty.



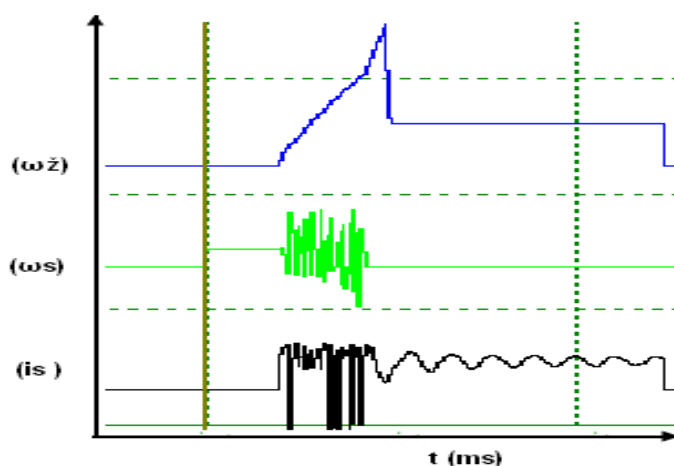
**Obrázek 33.** Časové průběhy otáček a proudu pro zesílení regulátoru otáček  $P=0,5$ , při časové konstantě  $t=36ms$ .

Dojde k vyššímu počátečnímu překmitu skutečných otáček, po té se průběh ustálí, tomu odpovídá i průběh proudu.



**Obrázek 34.** Časové průběhy otáček a proudu pro zesílení regulátoru otáček  $P=6$ , při časové konstantě  $t=36ms$ .

Skutečné otáčky přesně kopírují žádané, ale proud je značně zvlněný.



**Obrázek 35.** Průběhy otáček a proudu pro zesílení regulátoru otáček  $P=10$ ,  $t=36\text{ms}$ .

Nedojde k roztočení motoru, dojde k vypnutí měniče.

### Výsledky měření

Z měřených průběhu je zřejmé, že nastavení parametrů regulátoru otáček je pro otáčkovou regulaci velmi důležité.

Příliš malé zesílení regulátoru otáček znamená pomalejší regulaci otáček, zatímco příliš vysoké zesílení sice umožňuje dobrou otáčkovou regulaci, ovšem za cenu velmi zvládnutého proudu.

Změny časové konstanty mají vliv na otáčkovou regulaci. U krátké časové konstanty skutečné otáčky kmitají kolem žádaných. Zvýšení časové konstanty regulátoru se nijak zásadně neprojeví.

Při obou měřeních mohou nastat poruchové stavy, které se projeví vypnutím měniče a zobrazením chybového hlášení. Toto neznamena poškození zařízení, jen jsme při měření překročili jeho vymezené možnosti.

### Chybová hlášení a seznam chyb

Na displeji měniče umístěného na čelní straně, se zobrazit chybové kódy, Nejčastěji se při měření můžeme setkat s těmito:

#### Chybový kód F 04 Brzdový přerušovač

Důvod, příliš rychle dynamické změny při zastavení motoru obrázek 31. Motor začne pracovat v generátorickém režimu, tím měnič začne rekuperovat energii a dodávat jí zpět do stejnosměrného meziobvodu. Při překročení napětí v meziobvodu již není schopen energii vstřebat a vyhlásí poruchu a dojde k okamžitému vypnutí.

Tuto chybu vyřeší prodloužení zastavovací rampy.

#### Chybový kód F 08 Sledování otáček

Důvod, příliš velká hodnota složky  $P$ , regulátor otáček pracuje v oblasti mezních hodnot (obrázek 35.)Tuto chybu vyřeší prodloužení rozběhové rampy



## 6. ZÁVĚR

Úkolem mojí diplomové práce bylo navrhnout a zrealizovat laboratorní stanoviště s měničem kmitočtu SEW- Eurodrive. Dále jsem měl vypracovat řešení možných uplatnění v technice elektrických pohonů a specifikoval požadavky na možnosti ovládání měniče MDX61. Na tomto měniči pak provést praktická měření dle stanoveného zadání a vypracovat technickou dokumentaci k uvedení do provozu.

Požadavky byly splněny, laboratorní pracoviště bylo vytvořeno a mnou prováděná měření a získané výsledky tak budou dále sloužit jako učební pomůcka dalším studentům.

Samotná práce pak v první kapitole popisuje vznik laboratorního pracoviště včetně popisu praktického provedení jednotlivých využitých součástí.

Druhá kapitola zahrnuje řešení možných uplatnění měničů kmitočtů firmy SEW-Eurodrive, program IPOS a technologické aplikace u jednoúčelových strojů.

V třetí části jsou řešeny možnosti ovládání měniče MDX61 od manuálního ovládání přes automatické za využití programu MOVITOOLS. Byl vyroben ovládací panel, který výrazně usnadnil obsluhu měniče.

Poslední část práce byla zaměřena na otázku měření, uvedení do provozu a využití programu SCOPE. Měření na otáčkovém regulátoru se zátěží, jsem uvedl v příloze 1.

Dále byla vytvořena instrukční sada parametru, tato byla zaznamenána na CD a je součástí diplomové práce.

Pokud bych měl zhodnotit samotnou činnost během realizace diplomové práce a samotného zadání tak musím konstatovat, že práce jako taková byla pro mne zajímavá a přínosná. Zejména proto, že jsem získal cenné informace o dalším možném uplatnění frekvenčních měničů ve speciálních aplikacích, způsobech polohování a programovém vybavení. Prakticky jsem si vyzkoušel ovládání a měření s takovým zařízením.

O možnostech snímačů a specializovaných aplikacích, jsem před prací neměl tak velký přehled a získané informace se staly důležitou součástí mé práce a jsou pro mě velkým přínosem. Zrealizovaný projekt laboratorního stanoviště bude sloužit do budoucna dalším studentům a získané zkušenosti při měření mohou dále používat ve vývojích a řešení nových projektů.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *SEW-EURODRIVE®MDX61B rozhraní průmyslových sběrnic DFP21B PROFIBUS DP (12MBd)*. Buchsal, Germany: SEW-EURODRIVE GmbH &Co KG, květen 2004 [cit. 2012-04-01]. 55stran. Dostupné z www : <<http://sew-eurodrive.com/download/pdf/11256966.pdf>>
- [2] *SEW-EURODRIVE®MDX61B Aplikace Letmá pila* Buchsal, Germany: SEW-EURODRIVE GmbH &Co KG, srpen 2005[cit. 2012-04-01]. 92stran. Dostupné z www : <<http://www.sew-eurodrive.cz/download/pdf/11335556.pdf>>
- [3] *SEW-EURODRIVE®MDX61B Aplikace Rozšířené polohování přes sběrnici*. Buchsal, Germany: SEW-EURODRIVE GmbH &Co KG, duben 2004[cit. 2012-04-01]. 72stran. Dostupné z www : <<http://www.sew-eurodrive.cz/download/pdf/11335262.pdf>>
- [4] *SEW-EURODRIVE®MDX61B Karty absolutních snímačů polohy DIP11B / DEH21B*. Buchsal, Germany: SEW-EURODRIVE GmbH &Co KG, prosinec 2007[cit. 2012-04-01]. 56stran. Dostupné z www : <<http://www.sew-eurodrive.cz/download/pdf/11702753.pdf>>
- [5] *SEW-EURODRIVE®MDX61B Návod k obsluze MOVIDRIVE® MDX60B/61B*. Buchsal, Germany: SEW-EURODRIVE GmbH &Co KG, leden 2010[cit. 2012-04-01]. 220stran. Dostupné z www : <<http://www.sew-eurodrive.cz/download/pdf/16837762.pdf>>
- [6] *www.sew-eurodrive.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-04-01]. Portál SEW-EURODRIVE. Dostupné z WWW: <<http://www.sew-eurodrive.cz/produkt/index.php>>
- [7] Wikipedii encyklopedie, *Asynchronní motor* [online]. 2012 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchron%C3%AD\\_motor](http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchron%C3%AD_motor)>
- [8] VŠB-TU OSTRAVA: *Studijní materiály*, [online] Fakulta elektrotechniky a informatiky, katedra 430. [cit. 2012-04-01]. Dostupné z WWW: <[http://www.fe1.vsb.cz/kat430/data/mech/prednasky/MS\\_motory%20asynchronni.pdf](http://www.fe1.vsb.cz/kat430/data/mech/prednasky/MS_motory%20asynchronni.pdf)>
- [9] Skalický, J. *Elektrické regulované pohony*. [online] Elektronické skriptum. Brno: FEKT VUT v Brně, 2007 [cit. 2012-04-01]. 123 stran Dostupné z WWW:<[www.vutbr.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=18964](http://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=18964)>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha č.1: Měření na otáčkovém regulátoru se zátěží

Příloha č.2(CD): Instrukční sada parametrů.